

**ANALISIS TEGANGAN PADA DESAIN *BOOM EXCAVATOR*  
KELAS 20 TON**



**Aditya Anggun Wijaya  
5315122794**

Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam  
Mendapatkan Gelar Sarjana Pendidikan

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
2017**

## **PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING**

Skripsi dengan judul :

### **ANALISIS TEGANGAN PADA DESAIN *BOOM EXCAVATOR* KELAS 20 TON**

Lembar persetujuan ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat untuk pengajuan sidang skripsi pada program studi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

Dosen Pembimbing I



**Drs. Sirojuddin, M.T.**  
NIP. 196010271990031003

Dosen Pembimbing II



**Siska Titik Dwivati, S.Si., M.T.**  
NIP. 197812122006042002

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : **ANALISIS TEGANGAN PADA DESAIN *BOOM*  
EXCAVATOR KELAS 20 TON**  
Nama Mahasiswa : **ADITYA ANGGUN WIJAYA**  
Nomor Registrasi : **5315122794**

### NAMA DOSEN

### TANDA TANGAN

### TANGGAL

**Drs. H. Sirojuddin, M.T.**  
**NIP. 196010271990031003**  
(Dosen Pembimbing I)

.....

24/02/17

**Siska Titik Dwiyati, S.Si., M.T.**  
**NIP. 197812122006042002**  
(Dosen Pembimbing II)

.....

27/02/17

### PENGESAHAN PANITIAN UJIAN SKRIPSI

**Prof. Dr. Hj. Zulfiati, M.Pd.**  
**NIP. 195008071976032001**  
(Ketua Penguji)

.....

24/02 2017

**Ragil Sukarno, S.T., M.T.**  
**NIP. 197911022012121001**  
(Sekretaris)

.....

20/02 2017

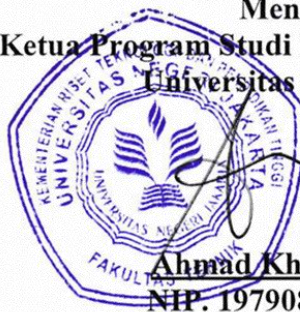
**Dr. Eng. Agung Premono, M.T.**  
**NIP. 197705012001121002**  
(Dosen Ahli)

.....

17/02 2017

Tanggal Lulus : 10 Februari 2017

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin  
Universitas Negeri Jakarta



**Ahmad Kholil, S.T., M.T.**  
**NIP. 197908312005011001**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : **Aditya Anggun Wijaya**

No. Registrasi : **5315122794**

Tempat, tanggal lahir : **Jakarta, 22 Mei 1994**

Alamat : **Jl. Sepakat 1 No.34, Kp. Pondok Benda RT.05/01,  
Kel. Jatirasa, Kec. Jatiasih, Kota Bekasi 17424**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi dengan judul “**Analisis Tegangan pada Desain Boom Excavator Kelas 20 Ton**” adalah karya tulis ilmiah yang saya buat.
2. Karya tulis ilmiah ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing.
3. Karya tulis ilmiah ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis tercantum sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Jakarta, Februari 2017  
Yang Membuat Pernyataan



**Aditya Anggun Wijaya**  
No. Registrasi 5315122794



## ABSTRAK

**Aditya Anggun Wijaya. Skripsi: Analisis Tegangan pada Desain *Boom Excavator* Kelas 20 Ton. Jakarta: Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, 2017.**

*Boom excavator* kelas 20 ton merupakan penopang dan tuas utama yang digunakan untuk penempatan (*mounting*) bagian-bagian penting *excavator*, menggerakkan *arm* naik turun, menahan beban dari *arm*, *breaker*, dan beban dari luar. Untuk itu, dilakukan analisis tegangan (*stress analysis*) menggunakan metode elemen hingga (*finite element analysis*) dengan bantuan *software Autodesk Inventor Professional* 2015. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tegangan pada desain mana yang lebih kuat dan aman antara *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*, *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR, dan *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ. Dimensi tinggi *boom excavator* kelas 20 ton 922 mm, tinggi *boom excavator* dari *boom top* ke *arm hydraulic pin* 1160 mm, dan panjang *boom excavator* 5700 mm. Simulasi dilakukan pada rancangan desain yang berbeda yaitu *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*, *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR, dan *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ. Ketiganya diberi beban dan tumpuan (*restraints*) yang sama yaitu 111687,001 N pada pin 1, 94165 N pada pin 2, dan 336842,440 N pada pin 3. Penentuan *pin* pada desain *boom excavator* kelas 20 ton yaitu dibagian *rear boom* dan *center boom*. Setelah proses analisis dilakukan, hasil menunjukkan bahwa desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ adalah yang paling kuat dan aman dilihat dari nilai *safety factor* 8.98691.

Kata kunci: tegangan, desain, *boom excavator*, *reinforcement*.

## **ABSTRACT**

***Aditya Anggun Wijaya. Thesis: Stress Analysis on the Design of 20 Ton Class Boom Excavator. Jakarta: Study Program Faculty of Engineering, State University of Jakarta, 2017.***

*20 ton class boom excavator is the backbone and main lever used for placement (mounting) critical parts excavator, moving the arm up and down, take the weight of the arm, breaker, and the load from the outside. To that end, analysis of stress using the finite element method with the help of Autodesk Inventor Professional 2015. The purpose of this study was to analyze the stress of the design which is more strong and safety between the 20 ton class boom excavator unreinforcement, reinforcement version of engineer PT. PQR, and reinforcement engineer PT. XYZ version. Height dimensional of 20 ton class boom excavator 922 mm, height of the boom top to boom excavator hydraulic arm pin 1160 mm and boom excavator long 5700 mm. Simulations carried out on the design of different designs that 20 ton class boom excavator unreinforcement, reinforcement version of engineer PT. PQR, and reinforcement engineer PT. XYZ version. All three were given the same loads and restraints is 111,687.001 N on pin 1, 94 165 N on pin 2, and 336,842.440 N on pin 3. Determining the pin on the design of boom excavator are rear section and center boom. After the analysis is done, the results showed that the design of reinforcement 20 ton class boom excavator engineer PT. XYZ version is the most strong and safety views on the safety factor value 8.98691.*

*Keywords: stress, design, boom excavator, reinforcement.*

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir skripsi ini dengan judul “**ANALISIS TEGANGAN PADA DESAIN BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON**” disusun guna memenuhi sebagian persyaratan untuk melengkapi dan memenuhi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis dalam menulis skripsi ini menyadari sepenuhnya bahwa terlaksananya sampai kepada bentuk skripsi ini, telah banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari banyak pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Ayah dan Ibu tercinta yang selalu memberikan dukungan moral dan doanya hingga penulis bisa menyelesaikan studi.
2. Bapak Ahmad Kholil, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin.
3. Bapak Drs. H. Sirojuddin, M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya membimbing dan mengarahkan penulis dalam pembuatan skripsi ini.
4. Ibu Siska Titik Dwiwati S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bantuannya dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T. selaku Penasehat Akademis yang juga telah banyak membantu penulis.
6. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin, khususnya kepada angkatan 2012 yang telah memberikan dukungan motivasi serta membantu penulis.
7. Sahabat seperjuangan yaitu Febriyanto, Ilyas Ade Chandra dan Tri Sutrisno yang telah memberikan semangat dan warna tersendiri di kehidupan penulis.

Penulis sadar bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun, agar pada karya-karya yang akan datang lebih baik lagi. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Jakarta, Februari 2017



**Aditya Anggun Wijaya**

No. Registrasi 5315122794

## DAFTAR ISI

|   |        |
|---|--------|
| <b>PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING</b> .....                                 | i      |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....  | ii     |
| <b>PERNYATAAN</b> .....   | iii    |
| <b>ABSTRAK</b> .....  | iv     |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....   | vi     |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....   | vii    |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....   | ix     |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....  | x      |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....  | xii    |
| <br><b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....  | <br>1  |
| 1.1. Latar Belakang .....   | 1      |
| 1.2. Identifikasi Masalah .....   | 3      |
| 1.3. Pembatasan Masalah .....   | 4      |
| 1.4. Perumusan Masalah .....  | 4      |
| 1.5. Tujuan Penelitian .....  | 5      |
| 1.6. Manfaat Penelitian .....   | 5      |
| <br><b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....                                    | <br>6  |
| 2.1. Teori Dasar Perancangan .....  | 6      |
| 2.2. Teori Dasar Metode Elemen Hingga .....                               | 9      |
| 2.2.1. <i>Stress</i> dan <i>Strain</i> Tiga Dimensi .....                 | 10     |
| 2.3. <i>Autodesk Inventor</i> .....                                       | 13     |
| 2.4. <i>Stress Analysis</i> .....   | 16     |
| 2.4.1. Tegangan Normal .....  | 17     |
| 2.4.2. Tegangan Geser .....   | 18     |
| 2.5. Teori Kegagalan Material .....                                       | 21     |
| 2.5.1. Teori Tegangan Normal Maksimum .....                               | 22     |
| 2.5.2. Teori Tegangan Geser Maksimum .....                                | 23     |
| 2.5.3. Teori Tegangan <i>Von Misses</i> .....                             | 23     |
| 2.6. <i>Safety Factor</i> .....   | 25     |
| <br><b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....                            | <br>27 |
| 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....                                    | 27     |
| 3.2. Alat dan Bahan Penelitian .....                                      | 27     |
| 3.3. Diagram Alir Penelitian .....  | 28     |
| 3.3.1. Uraian Prosedur Penelitian .....                                   | 29     |
| 3.4. Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data .....                           | 41     |
| 3.4.1. Penentuan Pembebanan Gaya pada <i>Excavator</i> Kelas 20 Ton. .... | 41     |
| 3.4.2. Penentuan Berat Total <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....     | 42     |
| 3.4.3. Posisi Titik Berat <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....        | 43     |
| 3.4.4. <i>Free Body Diagram Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....         | 44     |
| 3.4.5. Varian Model .....   | 45     |
| 3.5. Teknik Analisis Data .....   | 45     |
| 3.5.1. Alasan Pemilihan Varian Konsep .....                               | 45     |



|  |            |
|--|------------|
| <b>BAB IV HASIL PENELITIAN.....</b>                                | <b>46</b>  |
| 4.1. Model Desain .....  | 46         |
| 4.2. Bahan dan Material .....                                      | 48         |
| 4.3. Perhitungan Teori.....  | 49         |
| 4.4. Kondisi Batas .....   | 52         |
| 4.5. Hasil Analisis dengan <i>Software Autodesk Inventor</i> ..... | 53         |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                            | <b>64</b>  |
| 5.1. Kesimpulan .....  | 64         |
| 5.2. Saran .....   | 65         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>  | <b>66</b>  |
| <b>LAMPIRAN.....</b>   | <b>67</b>  |
| <b>RIWAYAT HIDUP .....</b>   | <b>114</b> |

## DAFTAR TABEL

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Tabel 3.1.  | <i>Result Summary</i> .....  | 40 |
| Tabel 4.1.  | Data Properti Material <i>JIS SM 50 YA</i> .....   | 48 |
| Tabel 4.2.  | Data Properti Material <i>JIS G 5101 (SC 49)</i> .....   | 49 |
| Tabel 4.3.  | Data Properti Material <i>Steel, Mild</i> .....  | 49 |
| Tabel 4.4.  | Hasil Analisis dari <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton<br><i>Unreinforcement</i> .....   | 54 |
| Tabel 4.5.  | Hasil Analisis Tegangan yang Terjadi pada <i>Boom Excavator</i><br>Kelas 20 Ton <i>Unreinforcement</i> .....                             | 56 |
| Tabel 4.6.  | Hasil Analisis dari <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton<br><i>Reinforcement</i> Versi <i>Engineer PT. PQR</i> .....                       | 57 |
| Tabel 4.7.  | Hasil Analisis Tegangan yang Terjadi pada <i>Boom Excavator</i><br>Kelas 20 Ton <i>Reinforcement</i> Versi <i>Engineer PT. PQR</i> ..... | 58 |
| Tabel 4.8.  | Hasil Analisis dari <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton<br><i>Reinforcement</i> Versi <i>Engineer PT. XYZ</i> .....                       | 59 |
| Tabel 4.9.  | Hasil Analisis Tegangan yang Terjadi pada <i>Boom Excavator</i><br>Kelas 20 Ton <i>Reinforcement</i> Versi <i>Engineer PT. XYZ</i> ..... | 60 |
| Tabel 4.10. | Hasil Analisis dari Varian Model <i>Boom Excavator</i> Kelas 20<br>Ton .....   | 61 |

## DAFTAR GAMBAR

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Gambar 1.1.  | Bagian-bagian dari <i>Excavator</i> Kelas 20 Ton .....   | 2  |
| Gambar 2.1.  | Gambar Alur Perancangan .....  | 8  |
| Gambar 2.2.  | <i>Stress</i> Tiga Dimensi pada sebuah Elemen.....   | 10 |
| Gambar 2.3.  | <i>Boundary Conditions</i> .....   | 13 |
| Gambar 2.4.  | Tegangan Normal pada Beban Axial .....   | 17 |
| Gambar 2.5.  | Tegangan pada Pembebanan Elemen.....   | 18 |
| Gambar 2.6.  | Tegangan yang Bekerja pada Sebuah Bidang Elemen.....   | 20 |
| Gambar 2.7.  | Perbandingan Teori Tegangan Geser Maksimum dengan Teori Tegangan Von Misses .....                          | 24 |
| Gambar 2.8.  | a) Kurva Regangan–Tegangan, b) Kurva Tegangan–Regangan Material Ulet dan Material Getas.....               | 26 |
| Gambar 3.1.  | Diagram Alir Proses Analisis <i>Software Autodesk Inventor</i> .....                                       | 28 |
| Gambar 3.2.  | <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton dalam Dua Dimensi.....  | 29 |
| Gambar 3.3.  | Gambar Dimensi <i>Part 1 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....   | 30 |
| Gambar 3.4.  | Gambar Dimensi <i>Part 2 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....   | 30 |
| Gambar 3.5.  | Gambar Dimensi <i>Part 3 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....   | 30 |
| Gambar 3.6.  | Gambar Dimensi <i>Part 4 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....   | 31 |
| Gambar 3.7.  | Gambar Dimensi <i>Part 5 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....   | 31 |
| Gambar 3.8.  | Gambar Dimensi <i>Part 6 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....   | 31 |
| Gambar 3.9.  | Gambar Dimensi <i>Part 7 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....   | 32 |
| Gambar 3.10. | Gambar Dimensi <i>Part 8 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....   | 32 |
| Gambar 3.11. | Gambar Dimensi <i>Part 9 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....   | 32 |
| Gambar 3.12. | Gambar Dimensi <i>Part 10 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....  | 33 |
| Gambar 3.13. | Gambar Dimensi <i>Part 11 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....  | 33 |
| Gambar 3.14. | Gambar Dimensi <i>Part 12 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....  | 33 |
| Gambar 3.15. | Gambar Dimensi <i>Part 13 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....  | 34 |
| Gambar 3.16. | Gambar Dimensi <i>Part Reinforcement 1 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton Versi <i>Engineer PT. PQR</i> ..... | 34 |
| Gambar 3.17. | Gambar Dimensi <i>Part Reinforcement 2 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton Versi <i>Engineer PT. PQR</i> ..... | 34 |
| Gambar 3.18. | Gambar Dimensi <i>Part Reinforcement 3 Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton Versi <i>Engineer PT. PQR</i> ..... | 35 |
| Gambar 3.19. | Gambar Dimensi <i>Part Reinforcement Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton Versi <i>Engineer PT. XYZ</i> .....   | 35 |
| Gambar 3.20. | Pemberian <i>Meshing</i> pada <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....                                     | 36 |
| Gambar 3.20. | Penentuan Lokasi <i>Pin</i> pada <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton.....                                   | 36 |
| Gambar 3.21. | Pemberian Beban pada <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton.....   | 37 |
| Gambar 3.22. | Pemberian Gaya Gravitasi pada <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....                                     | 37 |
| Gambar 3.23. | Pemberian Material pada <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....   | 38 |
| Gambar 3.25. | Proses Perhitungan pada <i>Software Autodek Inventor</i> .....   | 38 |
| Gambar 3.26. | <i>Report</i> , a) <i>Von Mises Stress</i> , b) <i>Displacement</i> , c) <i>Safety Factor</i> .....        | 39 |
| Gambar 3.27. | <i>Excavator</i> Kelas 20 Ton dengan <i>Attachment Breaker</i> .....                                       | 41 |
| Gambar 3.28. | Pembebanan Gaya pada <i>Excavator</i> Kelas 20 Ton .....   | 41 |
| Gambar 3.29. | Spesifikasi <i>Breaker</i> .....   | 42 |

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Gambar 3.30. | Pandangan Depan <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton terhadap Posisi Titik Berat Sumbu X .....                    | 43 |
| Gambar 3.31. | Pandangan Samping <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton terhadap Posisi Titik Berat Sumbu Y .....                  | 44 |
| Gambar 3.32. | Diagram Benda Bebas <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton.....   | 44 |
| Gambar 4.1.  | Rangka <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton <i>Unreinforcement</i> .....  | 46 |
| Gambar 4.4.  | Pandangan Depan <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton.....   | 46 |
| Gambar 4.2.  | Rangka <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton <i>Reinforcement</i> Versi Engineer PT. PQR .....                     | 47 |
| Gambar 4.5.  | Pandangan Depan <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton <i>Reinforcement</i> Versi Engineer PT. PQR .....            | 47 |
| Gambar 4.3.  | Rangka <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton <i>Reinforcement</i> Versi Engineer PT. XYZ .....                     | 47 |
| Gambar 4.6.  | Pandangan Depan <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton <i>Reinforcement</i> Versi Engineer PT. XYZ .....            | 48 |
| Gambar 4.7.  | Diagram Benda Bebas <i>Excavator</i> Kelas 20 Ton.....  | 49 |
| Gambar 4.8.  | Diagram Benda Bebas <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton.....   | 50 |
| Gambar 4.9.  | Penentuan Lokasi <i>Pin</i> pada <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton.....  | 52 |
| Gambar 4.10. | Pemberian Beban pada <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton.....  | 53 |
| Gambar 4.11. | Pemberian Gaya Gravitasi pada <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....  | 53 |
| Gambar 4.12. | Tegangan yang Terjadi pada <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton <i>Unreinforcement</i> .....                      | 55 |
| Gambar 4.13. | <i>Safety Factor</i> pada <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton <i>Unreinforcement</i> .....                       | 56 |
| Gambar 4.14. | Tegangan yang Terjadi pada <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton <i>Reinforcement</i> Versi Engineer PT. PQR ..... | 57 |
| Gambar 4.15. | <i>Safety Factor</i> pada <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton <i>Reinforcement</i> Versi Engineer PT. PQR .....  | 58 |
| Gambar 4.16. | Tegangan yang Terjadi pada <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton <i>Reinforcement</i> Versi Engineer PT. XYZ ..... | 59 |
| Gambar 4.17. | <i>Safety Factor</i> pada <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton <i>Reinforcement</i> Versi Engineer PT. XYZ .....  | 61 |
| Gambar 4.18. | Grafik Perbandingan Tegangan yang Terjadi pada Varian Model <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....            | 62 |
| Gambar 4.19. | Grafik Perbandingan <i>Safety Factor</i> pada Varian Model <i>Boom Excavator</i> Kelas 20 Ton .....             | 62 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|  |     |
|--|-----|
| <i>Stress Analysis Report Boom Unreinforcement .....</i>               | 67  |
| <i>Stress Analysis Report Boom Reinforcement United Tractors .....</i> | 75  |
| <i>Stress Analysis Report Boom Reinforcement Komatsu Jepang.....</i>   | 83  |
| <i>Gambar Part Boom Excavator .....</i>                                | 91  |
| <i>Gambar Assembly Boom Excavator .....</i>                            | 108 |
| <i>Gambar Explode Assembly Boom Excavator .....</i>                    | 111 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

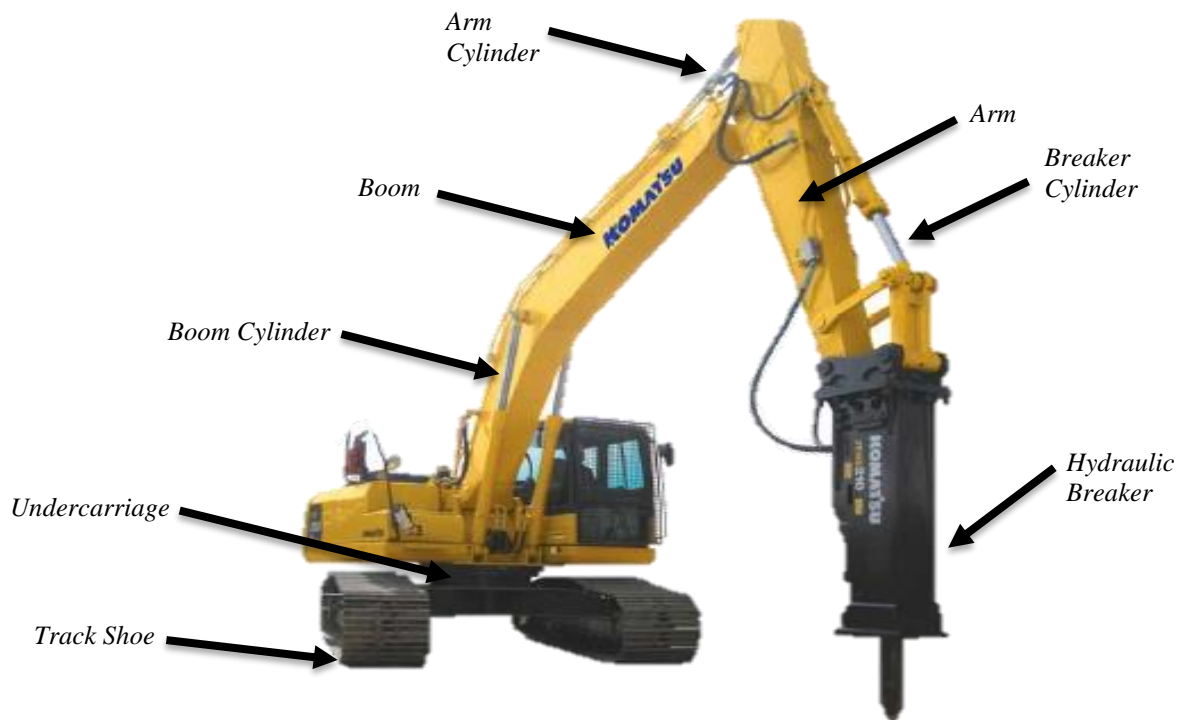
*Excavator* adalah alat berat yang dipergunakan untuk menggali dan mengangkut (*loading and unloading*) suatu material (tanah, batubara, pasir dan lain-lainnya). Berdasarkan sistem penggerakannya, *excavator* dibedakan menjadi dua yaitu sistem tali dan sistem hidrolik dengan media utama fluida.<sup>1</sup> Fungsi dari *hydraulic excavator* secara umum adalah mengerjakan kegiatan pertambangan, pembukaan lahan hutan untuk lahan pertanian, pembuatan jalan perintis, pembuatan parit dan saluran irigasi, dan mengerjakan kegiatan kehutanan. Secara umum konstruksi *hydraulic excavator* terdiri dari *attachment* dan *base machine*. *Attachment* terdiri dari *boom*, *arm*, *bucket*, *grapple* dan *base machine* terdiri dari *base frame*, *track frame*, dan *track shoe*.

Produsen peralatan konstruksi terbesar yang memproduksi alat berat di dunia adalah Caterpillar (USA), Komatsu (Jepang), Volvo *Construction Equipment* (Swedia), Hitachi *Construction Equipment* (Jepang), Liebherr (Jerman), Sany (RRT), Zoomlion (RRT), Terex (USA), Doosan *Infracore* (Korea Selatan), dan John Deere (USA).<sup>2</sup> Salah satu pabrik yang memproduksi alat berat di Indonesia adalah PT. XYZ (*manufacturer of heavy equipment*) yang memiliki agen distributor produk tersebut yakni PT. PQR.

---

<sup>1</sup> Prayogo Septyabudi, 2013, *Meningkatkan Kualitas Boom Casting Unit Hydraulic Excavator Kelas 13 Ton Pada Produksi Alat Berat di PT. XYZ*, h. 1.

<sup>2</sup> <http://learnmine.blogspot.co.id/2013/04/terbesar-produsen-peralatan-konstruksi.html> diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 10.45 WIB.



**Gambar 1.1. Bagian-bagian dari *Excavator* Kelas 20 Ton<sup>3</sup>**

Untuk merancang produk alat berat, proses pembuatan alat berat adalah hal yang harus diperhatikan berdasarkan standar produksi yang digunakan. Hal ini dikarenakan proses pembuatan produk berbeda-beda akibat beberapa faktor yang mempengaruhi produk yang dihasilkan yaitu: berat, dimensi, dan bahan dasar produk. Faktor pembeda tiap proses produksi produk juga bisa disebabkan oleh jenis pekerjaan, dan kondisi tempat kerja. Dengan memilih proses produksi yang tepat, maka perusahaan penghasil produk alat berat akan mampu menyesuaikan bentuk dan fungsi dari produk yang dihasilkannya guna memenuhi kebutuhan konsumen sesuai permintaan konsumen.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> <http://www.komatsu.eu/komatsu-attachments-hydraulic-breakers.asp> diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 12.45 WIB.

<sup>4</sup> Prayogo Septyabudi, *loc. cit.*

*Boom excavator* kelas 20 ton merupakan salah satu komponen yang paling penting dari *excavator* karena digunakan untuk menggerakkan *arm* naik turun, menahan beban dari *arm*, *bucket* atau *breaker*, dan beban dari luar. Oleh karena itu agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya, *boom excavator* kelas 20 ton harus kuat dan kokoh sehingga mampu menopang beban dari *arm*, *bucket* atau *breaker*, beserta komponen *excavator* yang lain tanpa mengalami kerusakan ataupun perubahan bentuk. Melihat fungsi *boom excavator* kelas 20 ton sangat penting pada *excavator*, dimana alat tersebut lebih banyak digunakan dalam bidang konstruksi dan menggunakan *attachment breaker* untuk menggantikan fungsi *bucket*, maka dari itu PT. PQR dan PT. XYZ melakukan *improvement* berupa *reinforcement* pada bagian-bagian tertentu yang mengalami tegangan maksimum terbesar untuk memperkuat dan memperkuat struktur rangka *boom excavator* kelas 20 ton tersebut.

Untuk itu, penulis bermaksud melakukan analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*, *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR, dan *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ dengan pemodelan *boom excavator* kelas 20 ton menggunakan *software Autodesk Inventor Professional 2015*.

## 1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas dapat diambil beberapa identifikasi masalah yaitu sebagai berikut:

1. Perencanaan *reinforcement boom excavator* kelas 20 ton ini hanya bisa digunakan untuk *excavator* kelas 20 ton dengan menggunakan *attachment breaker*.
2. Bagaimana tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*?



3. Bagaimana tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR?
4. Bagaimana tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ?
5. Menentukan desain mana yang lebih kuat dan aman diantara *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*, *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR, dan *reinforcement engineer* PT. XYZ.

### 1.3. Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang serta identifikasi masalah tersebut diatas, pembatasan masalah dalam penulisan ini sebatas mengenai analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton dimana:

1. Menganalisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*.
2. Menganalisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR.
3. Menganalisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ.

### 1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dan pembatasan masalah diatas, maka perumusan masalahnya sebagai berikut:

1. “Bagaimana tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*?”
2. “Bagaimana tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR?”

3. “Bagaimana tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ?”

### **1.5. Tujuan Penelitian**

Tujuan utama penelitian ini adalah:

1. Mengetahui tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*.
2. Mengetahui tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR.
3. Mengetahui tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ.
4. Menentukan desain *boom excavator* kelas 20 ton mana yang lebih kuat dan aman.

### **1.6. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Diharapkan dapat menjadi referensi tentang proses penelitian analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton dan memberikan analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*.
2. Memberikan analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR.
3. Memberikan analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Teori Dasar Perancangan**

Perancangan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian kegiatan dalam proses pembuatan produk. Dalam tahap perancangan tersebut dibuat keputusan-keputusan penting yang mempengaruhi kegiatan-kegiatan lain yang menyusulnya. Di antara keputusan penting tersebut termasuk keputusan yang membawa akibat apakah industri dalam negeri dapat berpartisipasi atau tidak dalam suatu pembangunan proyek. Hal tersebut menandakan betapa pentingnya keahlian merancang harus dikuasai oleh orang-orang Indonesia.<sup>5</sup>

Dalam melaksanakan tugas merancangnya, perancang memakai dan memanfaatkan ilmu pengetahuan, ilmu dasar teknik, pengetahuan empirik, hasil-hasil penelitian, informasi dan teknologi, yang semuanya dalam versi perkembangan dan kemajuan mutakhir.<sup>6</sup>

Perancangan itu sendiri terdiri dari serangkaian kegiatan yang berurutan, karena itu perancangan kemudian disebut sebagai proses perancangan yang mencakup seluruh kegiatan yang terdapat dalam perancangan tersebut. Kegiatan-kegiatan dalam proses perancangan dinamakan fase. Fase-fase dalam proses perancangan berbeda satu dengan lainnya. Setiap fase itu sendiri masih terdiri dari beberapa kegiatan, yang dinamakan langkah-langkah dalam fase. Salah satu deskripsi proses perancangan adalah deskripsi yang menyebutkan bahwa proses

---

<sup>5</sup> H. Darmawan Harsokoemo, *Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk)*, (Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi DePartemen Pendidikan Nasional, 2000), h. 1.

<sup>6</sup> *Ibid.*, h. 1.

perancangan terdiri dari fase-fase berikut, yaitu: (1) diidentifikasinya kebutuhan, (2) analisis masalah, spesifikasi produk dan perencanaan proyek, (3) perancangan konsep produk, (4) perancangan produk, (5) evaluasi produk hasil perancangan, (6) penyusunan dokumen berupa gambar produk hasil rancangan dan spesifikasi pembuatan produk.<sup>7</sup>

Beberapa hal yang dilakukan pada kegiatan analisis perancangan adalah (1) analisis tegangan untuk mengetahui kekuatan produk, (2) perhitungan deformasi, (3) frekuensi pribadi, dan lain-lain, (4) pengecekan interferensi untuk mengetahui apakah dalam melakukan gerak untuk menghasilkan fungsinya, komponen-komponen produk saling bertabrakan, (5) analisis kinematik untuk mengecek apakah gerak yang dihasilkan produk sesuai dengan gerak yang disyaratkan.<sup>8</sup>

Perancangan merupakan suatu proses yang kompleks. Maka perlunya presedur dalam melakukan perancangan, prosedur perancangan adalah sebagai berikut:

1. Membuat ide atau konsep produk yang akan kita produksi. Pertama adalah berangkat dari masalah yang terjadi, lalu kita membuat ide suatu produk atau benda yang berfungsi menjadi solusi atas permasalahan yang sedang dialami.
2. Menentukan mekanisme produk yang akan dibuat. Apakah produk tersebut akan statis, atau bergerak dinamis.
3. Menggambar dalam bentuk dua dan tiga dimensi produk yang akan kita buat sedetail mungkin, ini akan membantu kita dalam merancang, memproduksi dan memprediksi biaya yang akan dikeluarkan.

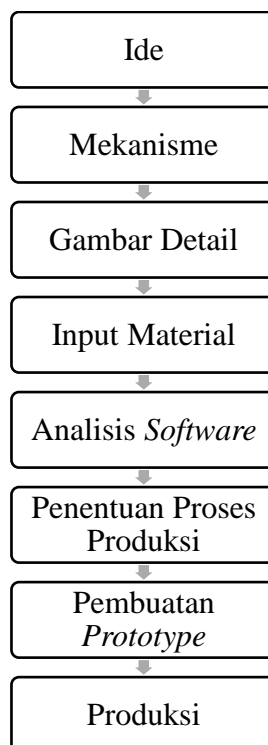
---

<sup>7</sup> *Ibid.*, h. 20.

<sup>8</sup> *Ibid.*, h. 26.



4. Memasukan data atau informasi mengenai material ataupun komponen-komponen lain ke dalam gambar, untuk mencegah ketidaktersediaan material atau komponen yang ada dimaterial dengan apa yang kita inginkan.
5. Menganalisis kekuatan ataupun sifat produk yang kita produksi dalam aplikasi *software* komputer. Disana akan memberikan info kita terkait desain, material, dan komponen yang kita miliki apakah sudah memenuhi keinginan kita atau belum.
6. Menentukan proses produksi yang dilakukan untuk membuat produk tersebut.
7. Membuat *prototype* atau model dalam bentuk kecil produk yang kita buat. Untuk mengetahui penampilan ataupun cara kerja produk yang kita buat lebih detail lagi.
8. Produksi, Produk yang sudah siap, akan segera dilakkan produksi di *workshop*.



**Gambar 2.1. Gambar Alur Perancangan**

## 2.2. Teori Dasar Metode Elemen Hingga

Metode Elemen Hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis dari suatu gejala fisis. Tipe masalah teknis dan matematis fisis yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga terbagi dalam dua kelompok, yaitu kelompok analisis struktur dan kelompok masalah-masalah non struktur.<sup>9</sup>

Tipe-tipe permasalahan struktur meliputi analisis tegangan (*stress*), meliputi analisis *truss* dan *frame* serta masalah-masalah yang berhubungan dengan tegangan-tegangan yang terkonsentrasi.

Secara umum langkah-langkah dalam FEM (*Finite Element Methode*) bisa diringkas sebagai berikut:<sup>10</sup>

1. Langkah 1, pemilihan tipe elemen dan diskritisasi. Amatilah benda atau struktur yang akan dianalisis, apabila 1 dimensi (contoh batang panjang), 2 Dimensi (plat datar), 3 dimensi (seperti balok). Bagilah potong benda dalam bagian-bagian kecil (elemen) langkah ini disebut sebagai langkah diskritisasi. Banyaknya potongan yang dibentuk bergantung pada geometri dari benda yang akan dianalisis, sedangkan bentuk elemen yang diambil bergantung pada dimensinya.
2. Langkah 2, pemilihan fungsi pemindah atau fungsi interpolasi, jenis-jenis fungsi yang sering digunakan adalah fungsi linier, fungsi kuadratik, kubik atau polinomial derajat tinggi.
3. Langkah 3, mencari hubungan *strain*, *displacement* dan *stress*.
4. Langkah 4, dapatkan matriks kekakuan dari elemen yang telah dibuat. Untuk benda yang terdiri dari beberapa buah elemen lakukan penggabungan atau

---

<sup>9</sup> Yerri Susatio, *Dasar Dasar Metode Elemen Hingga*, (Yogyakarta: Andi Publisher, 2004), h. 1.

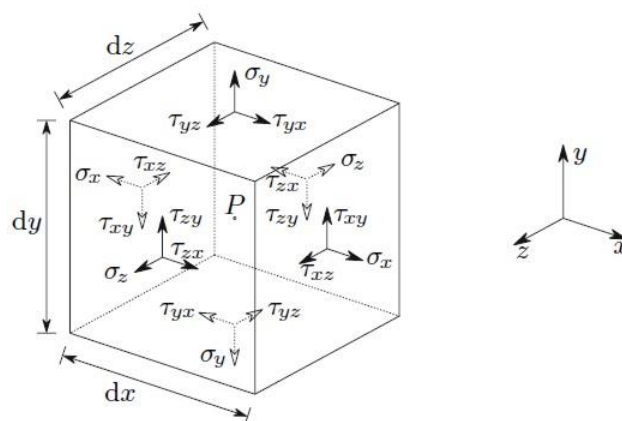
<sup>10</sup> *Ibid.*, h. 2-4.

*assemblage* dari matriks kekakuan elemen menjadi matriks kekakuan global yang berlaku untuk seluruh benda atau struktur.

5. Langkah 5, gunakan persamaan kesetimbangan dengan persamaan masukan syarat batas yang diketahui dalam soal.
6. Langkah 6, selesaikan persamaan pada langkah 5 dengan menghitung nilai yang belum diketahui. Jika perhitungan melibatkan matriks dengan ukuran yang kecil, biasanya ditempuh dengan cara *partitioning* matriks, tetapi jika perhitungan melibatkan matriks berukuran besar, komputer adalah jalan terbaik dalam mendapatkan solusinya.
7. Langkah 7, hitung *strain* dan *stress* dari setiap elemen.
8. Langkah 8, interpretasikan kembali hasil-hasil perhitungan yang diperoleh.

### 2.2.1. Stress dan Strain Tiga Dimensi

Elemen 3 dimensi adalah elemen yang dapat menahan beban pada semua arah (sumbu x, y, dan z) dan umumnya beban yang bekerja adalah beban terpusat. Tinjauan dimulai dengan memperhatikan elemen dengan ukuran  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  dalam koordinat Cartesius.<sup>11</sup> Perhatikan gambar 2.2. berikut ini



**Gambar 2.2. Stress Tiga Dimensi pada sebuah Elemen**

<sup>11</sup> *Ibid.*, h. 302.

Normal *stress*, berarah tegak lurus pada permukaan elemen dinyatakan dalam  $\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$  dan seterusnya. Dari kesetimbangan momen diperoleh:

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}, \quad \tau_{yz} = \tau_{zy}, \quad \tau_{zx} = \tau_{xz} \quad (2.1)$$

Oleh karenanya hanya ada tiga tegangan geser yang independen, dan ada tiga normal *stress*.

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \quad \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \quad (2.2)$$

dimana u, v, dan w adalah *displacement* pada arah sumbu x, y, dan z. Tegangan geser (*shear stress*)  $\gamma$  diberikan dalam persamaan:

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} = \gamma_{yx}, \quad \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} = \gamma_{zy}, \quad \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} = \gamma_{xz} \quad (2.3)$$

Dalam bentuk matrik kolom, *stress* dan *strain* dinyatakan sebagai:

$$\sigma = \{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{Bmatrix} \quad \text{dan} \quad \varepsilon = \{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} \quad (2.4)$$

Hubungan *Stress – Strain*:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{Bmatrix} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & 1-\nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & \nu & 1-\nu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} \quad (2.5)$$

atau

$$\sigma = E\varepsilon \quad (2.6)$$

*Displacement:*

$$u = \begin{Bmatrix} u(x, y, z) \\ v(x, y, z) \\ w(x, y, z) \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{Bmatrix} \quad (2.7)$$

*Hubungan Strain – Displacement:*

$$\{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial z} \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{Bmatrix} \quad (2.8)$$

atau

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad (i, j=1, 2, 3) \quad (2.9)$$

atau

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}) \quad (2.10)$$

*Equilibrium Equations:*

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + f_x &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + f_y &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + f_z &= 0 \end{aligned} \quad (2.11)$$

atau

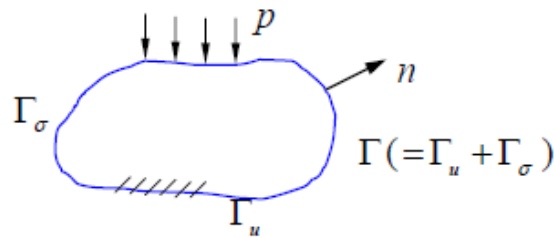
$$\sigma_{ij,j} + f_i = 0 \quad (2.12)$$

*Boundary Conditions:*

$$u_i = \bar{u}_i, \quad \text{on } \Gamma_u \text{ (specified displacement)}$$

$$t_i = \bar{t}_i, \quad \text{on } \Gamma_\sigma \text{ (specified traction)}$$

$$\text{(traction } t_i = \sigma_{ij} n_j \text{)}$$



**Gambar 2.3. Boundary Conditions**

### 2.3. Autodesk Inventor<sup>12</sup>

*Autodesk Inventor* adalah salah satu *Autodesk Corp* yang diperuntukkan untuk *engineering design and drawing*. *Autodesk Inventor* merupakan pengembangan dari produk-produk CAD setelah *AutoCAD* dan *Autodesk Mechanical Desktop*. *Autodesk Inventor* memiliki beberapa kelebihan yang memudahkan dalam desain serta tampilan yang lebih menarik dan riil, karena fasilitas material yang disediakan. Sebagai perangkat lunak yang disiapkan untuk proses perancangan produk, *Autodesk Inventor* memiliki beberapa keunggulan, yakni:

1. Memiliki kemampuan *parametric solid modeling*, yaitu kemampuan untuk melakukan desain serta pengeditan dalam bentuk *solid* model dengan data yang telah tersimpan dalam *database*. Dengan adanya kemampuan tersebut *designer/engineer* dapat merevisi atau memodifikasi desain yang ada tanpa harus mendesain ulang sebagian atau secara keseluruhan.

---

<sup>12</sup> Nur Hidayat & Ahmad Shanhaji, *Autodesk Inventor Mastering 3D Mechanical Design*, (Bandung: Informatika, 2011), h. 1-2.

2. Memiliki kemampuan *animation* yaitu kemampuan untuk menganimasikan suatu file *assembly* mengenai jalannya suatu alat yang telah di-*assembly* dan dapat disimpan dalam file AVI.
3. Memiliki kemampuan *automatic create technical 2D drawing* serta *bill of material* dan tampilan *shading* dan *rendering* pada *layout*.
4. *Adaptive* yaitu kemampuan untuk menganalisis gesekan dari animasi suatu alat serta dapat menyesuaikan dengan sendirinya.
5. Material atau bahan yang memberikan tampilan suatu *Part* tampak lebih nyata.
6. Kapasitas file lebih kecil.

Dari beberapa kelebihan tersebut maka pemakaian *software Autodesk Inventor* sangat memberikan keuntungan dari segi efisiensi serta efektivitas waktu untuk produktifitas pekerjaan yang akan dilakukan.

Beberapa formula ini digunakan untuk menyelesaikan permasalahan poros (dengan satu atau lebih bagian) atau balok (dengan satu bagian konstan) dengan beberapa dukungan dan beban.

Poros/balok sumbu sejajar dengan sumbu Z. Jika dampak kepadatan materi termasuk dalam perhitungan, maka vektor gravitasi sejajar dengan sumbu Y.

Berikut adalah rumus-rumus yang digunakan di dalam *software Autodesk Inventor Professional 2015*:<sup>13</sup>

***Shear forces:***

$$T(z) = - \int q(z) dz + \sum_0^n F \quad (2.13)$$

---

<sup>13</sup> <http://help.autodesk.com/view/INVENTOR/2015/ENU/?guid=GUID-84D01561-FD7F-4F17-A625-C86F412BE370> diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 14.45 WIB.

**Bending moments:**

$$M_B(z) = \int T(z) dz + \sum_0^n M_B \quad (2.14)$$

**Deflection angle:**

$$\varphi(z) = - \int \frac{M_B(z)}{E * J(z)} dz + \varphi(0) + \frac{\beta}{G * S(z)} \quad (2.15)$$

dengan:

$E$  = modulus of elasticity in tension

$J$  = moment of inertia

$G$  = modulus of rigidity

$\beta$  = shear displacement ratio

**Deflection:**

$$y(z) = \int \varphi(z) dz + y(0) \quad (2.16)$$

**Bending stress:**

$$\sigma_B(z) = \frac{M_B(z)}{W_B(z)} \quad (2.17)$$

**Shear stress:**

$$\tau_S(z) = \frac{T(z)}{S(z)} \quad (2.18)$$

**Torsion stress:**

$$\tau(z) = \frac{M_{torq}(z)}{W_{torq}(z)} \quad (2.19)$$



**Tension stress:**

$$\sigma_T(z) = \frac{\sum_0^n F_z}{S(z)} \quad (2.20)$$

**Reduced stress:**

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_B + \sigma_T)^2 + \alpha * (\tau^2 + \tau_S^2)} \quad (2.21)$$

dengan:

$\sigma_B$  = bending stress

$\sigma_T$  = tension stress

$\tau$  = torsion stress

$\tau_S$  = shear stress

$\alpha$  :  $\alpha = 3$  for HMH

$\alpha = 4$  for Tresca-Guest

## 2.4. Stress Analysis<sup>14</sup>

*Stress Analysis* merupakan sebuah alat yang disediakan bagi pengguna *Autodesk Inventor* yang berfungsi untuk menganalisis kekuatan. Alat ini cukup mudah digunakan dan dapat membantu kita untuk mengurangi kesalahan dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang harus kita keluarkan akan berkurang, *time to market* dari benda yang kita desain pun dapat dipercepat karena kita sudah mensimulasikan terlebih dahulu benda yang kita desain di komputer sebelum masuk ke proses produksi.

---

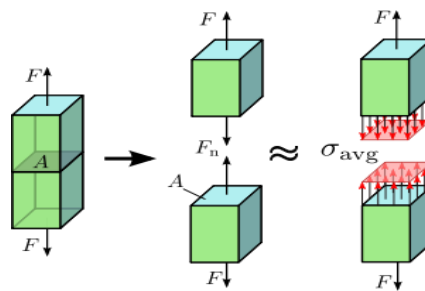
<sup>14</sup> Syaiful A. B. Alchazin, *Modul Training Autodesk Inventor 2012*, (Bogor: LAPAN, 2011), h. 53.

Keakuratan hasil analisis tergantung dari material, bagian yang diam (*restraint*), dan beban (*loads*) yang diberikan. Jadi, untuk mendapatkan hasil yang valid kita harus memastikan bahwa properti dari material yang kita berikan benar-benar mewakili material yang akan kita gunakan. Demikian pula *restraints*, *loads*, kedua hal tersebut harus mewakili kondisi kerja dari benda.

Tegangan (*stress*) atau statis analisis menghitung *displacement*, *strains* dan *stresses* berdasarkan material, *restraint*, dan *loads* yang diberikan. Sebuah material akan mengalami patah, atau berubah bentuk ketika *stress*-nya mencapai level tertentu. Setiap material memiliki tingkatan *stress* yang berbeda. *Stress analysis* pada *Autodesk Inventor* menggunakan *linear static analysis* berdasarkan *FEM* (*Finite Element Method*), untuk menghitung *stress*.

#### 2.4.1. Tegangan Normal

Tegangan yang tegak lurus terhadap permukaan benda yang ditimbulkan oleh gaya aksial, tegangan *bending* dan reaksi tumpuan.<sup>15</sup> Dalam beban aksial, tegangan normal didistribusikan secara merata pada luas penampang  $A$ , seperti yang diperlihatkan dalam gambar 2.4.



**Gambar 2.4. Tegangan Normal pada Beban Axial<sup>16</sup>**

<sup>15</sup> Popov, E.P. dan translator: Zaenal Astamar, *Mekanika Teknik Edisi Kedua*, (Jakarta: Erlangga, 1996), h. 11.

<sup>16</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Stress\\_\(mechanics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Stress_(mechanics)) diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 16.45 WIB.

Secara matematis tegangan normal pada beban aksial didefinisikan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.22)$$

Dengan :  $\sigma$  adalah tegangan normal  $\left(\frac{N}{m^2}\right)$

$A$  adalah luas ( $m^2$ )

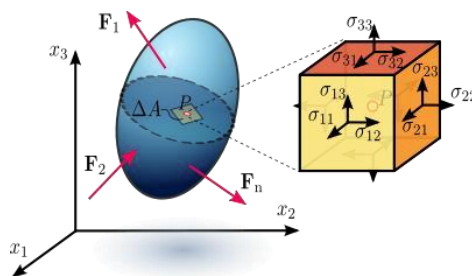
$F$  adalah gaya tegak lurus terhadap potongan  $\left(\frac{kg.m}{s^2}\right)$  atau N

Tegangan normal terdiri atas dua macam :

1. Tegangan tarik yaitu tegangan normal yang menghasilkan tarikan (*tension*) pada permukaan sebuah benda.
2. Tegangan tekan yaitu tegangan yang memberikan dorongan (*compressive*) pada permukaan sebuah benda.

#### 2.4.2. Tegangan Geser

Tegangan geser adalah tegangan yang timbul akibat gaya geser dan gaya puntir atau torsi. Bila gaya aksial atau momen lentur yang bekerja dengan gaya geser atau momen puntir, maka elemen akan mengalami tegangan normal dan geser<sup>17</sup>, hal ini diperlihatkan dalam gambar 2.5.



**Gambar 2.5. Tegangan pada Pembebanan Elemen<sup>18</sup>**

<sup>17</sup> Popov, E.P. dan translator: Zaenal Astamar, *loc.cit.*

<sup>18</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Stress\\_\(mechanics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Stress_(mechanics)) diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 16.45 WIB.

Keterangan gambar 2.5 yaitu :

Dengan sumbu  $X_1 = x$  ;  $X_2 = y$  ;  $X_3 = z$  maka tegangan tensor

$$\sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_{yy} & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

Dimana  $\tau_{xy} = \tau_{yx}$  ;  $\tau_{xz} = \tau_{zx}$  ;  $\tau_{yz} = \tau_{zy}$

$\sigma_x$  = Tegangan normal yang bekerja pada bidang x dan arah sumbu x.

$\sigma_y$  = Tegangan normal yang bekerja pada bidang y dan arah sumbu y.

$\sigma_z$  = Tegangan normal yang bekerja pada bidang z dan arah sumbu z.

$\tau_{xy}$  = Tegangan geser yang bekerja pada bidang normal terhadap sumbu x dalam arah sumbu y.

$\tau_{xz}$  = Tegangan geser yang bekerja pada bidang normal terhadap sumbu x dalam arah sumbu z.

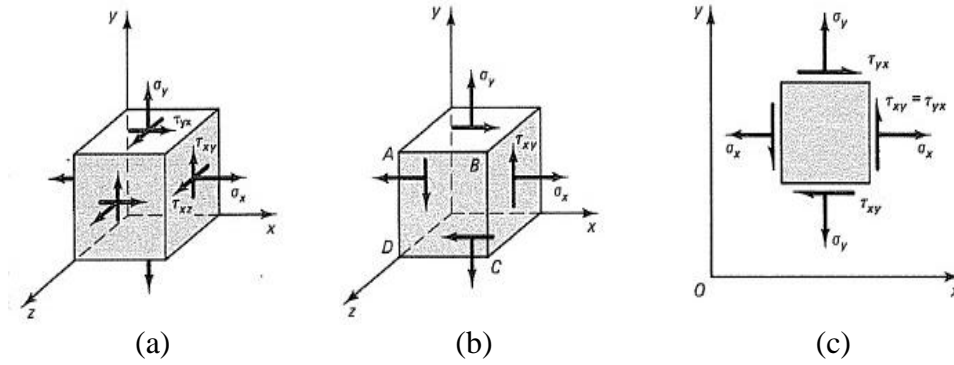
$\tau_{yx}$  = Tegangan geser yang bekerja pada bidang normal terhadap sumbu y dalam arah sumbu x.

$\tau_{yz}$  = Tegangan geser yang bekerja pada pada bidang normal terhadap sumbu y dalam arah sumbu z.

$\tau_{zx}$  = Tegangan geser yang bekerja pada pada bidang normal terhadap sumbu z dalam arah sumbu x.

$\tau_{zy}$  = Tegangan geser yang bekerja pada pada bidang normal terhadap sumbu z dalam arah sumbu y [8].

Persamaan transformasi tegangan bidang diperlihatkan dalam gambar 2.6.



**Gambar 2.6. Tegangan yang Bekerja pada Sebuah Bidang Elemen<sup>19</sup>**

Seringkali kita berpusat pada penentuan tegangan yang paling besar. Pada bidang-bidang dimana terjadi tegangan normal maksimum atau minimum, sehingga tidak didapatkan tegangan geser. Bidang ini dinamakan bidang utama tegangan (*principal stress*).<sup>20</sup> Secara matematis diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$(\sigma_1, \sigma_2)_{\substack{\text{maks} \\ \text{min}}} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (2.24)$$

Tegangan geser maksimum/minimum secara matematis didefinisikan sebagai berikut:

$$(\tau)_{\substack{\text{maks} \\ \text{min}}} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (2.25)$$

$$(\tau)_{\substack{\text{maks} \\ \text{min}}} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x^2 - 2\sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2) + 4\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_e = 2\tau_{\text{maks}}$$

$$\sigma_e = (\sigma_x^2 - 2\sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 4\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}}$$

<sup>19</sup> Dietmar, Gross., Werner, Hauger., Jorg, Schroder., Wolfgang, A.Wall., and Javier, Bonet. (2011). *Engineering Mechanics 2: Mechanics of Materials*. New York: Springer.

<sup>20</sup> Popov, E.P. dan translator: Zaenal Astamar, *op.cit.*, h. 266.

Tidak sebagaimana halnya pada tegangan utama (*principal stress*) di mana pada bidang utama tidak akan terjadi tegangan geser, maka tegangan geser terjadi pada bidang yang biasanya tidak bebas dari tegangan normal. Tegangan normal yang bekerja pada tegangan geser maksimum adalah<sup>21</sup>

$$\sigma' = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \quad (2.26)$$

Oleh karena itu tegangan normal bekerja secara bersama dengan tegangan geser maksimum, kecuali jika  $\sigma_x + \sigma_y = 0$  dan tegangan utama  $\tau_{xy} = 0$ , maka akan menjadi

$$(\tau_{maks}) = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \quad (2.27)$$

Kaidah tanda untuk tegangan tarik normal adalah positif, tegangan tekan adalah negatif. Tegangan geser positif didefinisikan sebagai bekerja keatas pada permukaan sebelah kanan dari elemen tersebut.

## 2.5. Teori Kegagalan Material

Kegagalan pada suatu elemen mesin dapat terjadi dalam berbagai wujud seperti misalnya *yielding*, retak, patah, korosi, aus, dan lain-lain. Penyebab kegagalan juga bermacam-macam seperti misalnya salah desain, beban operasional, kesalahan *maintenance*, cacat material, temperatur, lingkungan, waktu, dan lain-lain. Dalam beberapa kasus kegagalan juga dapat diakibatkan oleh beban mekanis yaitu yang berhubungan dengan jenis tegangan yang terjadi pada komponen mesin. Dengan pengetahuan yang lengkap tentang kegagalan, maka para insinyur dapat

---

<sup>21</sup> *Ibid.*, h. 267.

mempertimbangkan berbagai aspek penyebab kegagalan dalam perancangan sehingga diharapkan kegagalan tidak akan terjadi selama umur teknisnya.<sup>22</sup>

Dalam suatu rekayasa teknik, merupakan hal yang penting menentukan batasan tegangan yang menyebabkan kegagalan dari material tersebut. Dalam menggunakan teori kegagalan yang penting adalah menentukan tegangan utama (*principal stress*). Ada tiga teori kriteria kegagalan statis yang biasa dipakai antara lain:

### 2.5.1. Teori Tegangan Normal Maksimum

Teori tegangan normal maksimum menegaskan bahwa terjadinya kegagalan atau keretakan suatu bahan apabila tegangan normal maksimum pada suatu titik mencapai suatu harga kritis tanpa meninjau tegangan yang lain. Untuk memberlakukan kriteriakita hanya harus menentukan tegangan utama terbesar saja. Harga  $\sigma_u$  biasanya ditentukan dalam percobaan Tarik, dimana kegagalansuatu contoh ditentukan baik oleh pemuaian panjang yang berlebihan besarnya maupun keretakan.<sup>23</sup>

Jika kriteria kegagalan adalah titik luluh (*yield*), teori ini memperkirakan kegagalan akan terjadi bila:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &\geq \sigma_{ut}/n_s \\ \sigma_3 &\geq \sigma_{uc}/n_s\end{aligned}\tag{2.28}$$

dimana:  $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$  = tegangan normal utama

$S_{ut}$  = kekuatan *ultimate* material terhadap tarik

$S_{uc}$  = kekuatan *ultimate* material terhadap tekan

<sup>22</sup> <http://lib.unnes.ac.id/20394/1/5201410037-s.pdf> diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 17.45 WIB.

<sup>23</sup> Popov, E.P. dan translator: Zaenal Astamar, *op.cit.*, h. 327.

### 2.5.2. Teori Tegangan Geser Maksimum

Teori ini mengatakan bahwa kegagalan akan terjadi bila tegangan geser maksimum pada setiap elemen mesin sama dengan kekuatan geser dari material. Jika tegangan utama disusun dalam bentuk  $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$  teori tegangan geser maksimal memperkirakan bahwa kegagalan akan terjadi bila:

$$\begin{aligned} |\sigma_1 - \sigma_2| &\geq \sigma_y / n_s \\ |\sigma_2 - \sigma_3| &\geq \sigma_y / n_s \\ |\sigma_3 - \sigma_1| &\geq \sigma_y / n_s \end{aligned} \quad (2.29)$$

atau

$$\tau_{maks} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \geq \frac{\sigma_y}{2} \text{ atau } \sigma_1 - \sigma_3 \geq \sigma_y \quad (2.30)$$

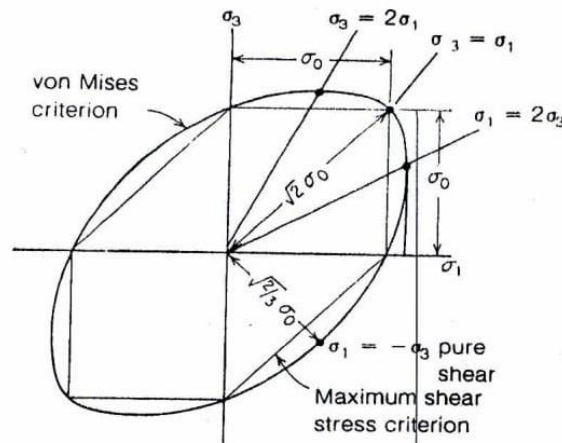
dimana  $\sigma_y$  adalah kekuatan material pada saat uji tarik. Jadi kegagalan akan terjadi jika salah satu persamaan di atas terpenuhi.

### 2.5.3. Teori Tegangan Von Misses

Teori ini memperkirakan suatu kegagalan mengalah dalam tegangan geser yang memadai lebih besar dari yang diperkirakan oleh teori tegangan geser maksimal. Untuk analisis perancangan akan lebih mudah jika kita menggunakan tegangan *Von Misses*.

Dari percobaan–percobaan yang telah dilakukan, menunjukan bahwa teori energi distorsi (*Von Misses*) memperkirakan kegagalan dengan ketelitian tertinggi pada semua kuadran.





**Gambar 2.7. Perbandingan Teori Tegangan Geser Maksimum dengan Teori Tegangan Von Misses**

Tegangan ekuivalen/tegangan efektif *Von Misses* didefinisikan sebagai tegangan tarik uniaksial yang dapat menghasilkan energi distorsi yang sama dengan yang dihasilkan oleh kombinasi tegangan yang bekerja. Tegangan geser oktahedral untuk tegangan uniaksial adalah  $\tau_{oct} = \sqrt{2} \times \sigma_1 / 3$ . (2.31)

Berdasarkan teori tegangan geser oktahedral maksimum, *yielding* selalu terjadi pada nilai tegangan geser oktahedral yang diperoleh dari uji tarik sebagai

$\tau_{oct} = \sqrt{2} \times S_v / 3$ . Sehingga **tegangan ekuivalen uniaxial** menjadi:

$$\sigma_e = \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_2)^2]^{1/2} \quad (2.32)$$

Jelas, jika beban  $\sigma_e$  melebihi  $S_v$ , *yielding* akan bisa diprediksi. Untuk tujuan desain,  $\sigma_e$  sama dengan tegangan uniaxial yg diizinkan.

Untuk kasus **tegangan ekuivalen biaxial** ( $\sigma_3 = 0$ ), menjadi:

$$\sigma_e = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2)^{1/2} \quad (2.33)$$

Dalam banyak masalah *biaxial-stress* akan lebih mudah untuk bekerja secara langsung dengan  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$  (seperti pada umumnya, ini dapat ditentukan lebih

mudah daripada tegangan utama). Sehingga persamaan tersebut bisa disubstitusi menjadi:

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\tau_{xy}^2 + \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2} \quad (2.34)$$

$$\text{diperoleh } \sigma_e = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2.35)$$

$$\text{Kegagalan akan terjadi bila: } \sigma_e \geq \frac{S_y}{n_s} \quad (2.36)$$

**Untuk geseran murni**  $\sigma_1 = \tau = \sigma_3$  dan  $\sigma_2 = 0$

$$S_y^2 = \sigma_1^2 + \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_1^2 = 3\sigma_1^2 = 3\tau_{\max}^2 \quad (2.37)$$

$$\sigma_1 = \frac{S_y}{\sqrt{3}} = 0.577S_y = \tau_{\max} \quad (2.38)$$

## 2.6. Safety Factor

*Safety Factor* adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi kemandirian dari suatu bagian mesin. Untuk menghindari terjadinya kegagalan struktur (*structure failure*) maka kekuatan sebenarnya dari suatu bahan haruslah melebihi kekuatan yang dibutuhkan. Perbandingan dari kekuatan sebenarnya terhadap kekuatan yang dibutuhkan disebut faktor keamanan (*safety factor*)  $n$ .<sup>24</sup>

Berikut ini nilai dari faktor-faktor perancangan dari bahan-bahan ulet terhadap *yield strength*, yaitu:

- a.  $N=1,25$  hingga 2. Perancangan struktur yang menerima beban statis dengan tingkat kepercayaan tinggi untuk semua data perancangan.
- b.  $N=2,0$  hingga 2,5. Perancangan elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan tingkat kepercayaan rata-rata untuk semua data perancangan.

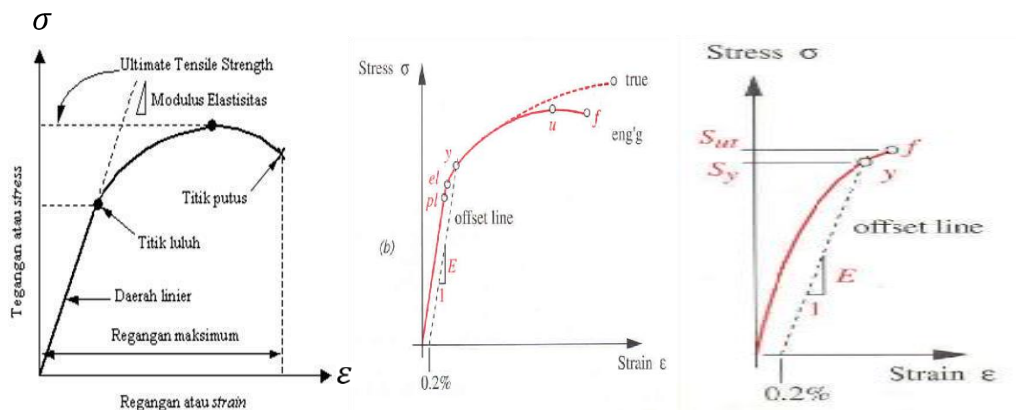
---

<sup>24</sup> Mott, Robert L, *Machine Elements In Mechanical Design fourth edition*. (Ohio: Upper Saddle River, 2004), h. 183.

- c.  $N=2,5$  hingga  $4,0$ . Perancangan struktur statis atau elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan ketidakpastian mengenai beban, sifat-sifat bahan, analisis tegangan, atau lingkungan.
- d.  $N=4,0$  atau lebih. Perancangan struktur statis atau elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan ketidakpastian mengenai beberapa kombinasi beban, sifat-sifat bahan, analisis tegangan, atau lingkungan. Keinginan untuk memberikan keamanan ekstra untuk komponen yang kritis dapat juga memilih nilai-nilai ini

Rumus faktor keamanan secara matematis ditulis.

$$\text{Safety Factor} = \frac{\text{Yield Point Stress}}{\text{Working atau design stress}} \quad (2.39)$$



**Gambar 2.8. a) Kurva Regangan–Tegangan, b) Kurva Tegangan–Regangan Material Ulet dan Material Getas**

Di dalam penelitian ini, penulis mengacu pada standar ANSI MH29.1 dengan ketentuan:

- a) *Factor of safety* ( $n_s$ )  $= 3$
- b) Tegangan normal izin ( $\sigma_a$ )  $= \frac{\text{yield strength}}{\text{factor safety}} = \frac{\sigma_y}{n_s} = \frac{\sigma_y}{3}$
- c) Tegangan geser izin ( $\tau_a$ )  $= 0.577 \times \sigma_a$
- d)  $\tau_{max}$  yang terjadi  $\leq \tau_a$

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Tempat dan Waktu Penelitian**

##### **1. Tempat pelaksanaan penelitian:**

- a. Pengumpulan data-data yang dibutuhkan, perhitungan, dan analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton di laboratorium perancangan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
- b. Pengumpulan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan, dan analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton di PT. United Tractors Tbk, dan perpustakaan Universitas Negeri Jakarta.

##### **2. Waktu penelitian dimulai dari Maret 2016 sampai dengan bulan Desember 2016.**

#### **3.2. Alat dan Bahan Penelitian**

Alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan dan penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### **1. Perangkat lunak**

Perangkat lunak yang digunakan peneliti adalah sebagai berikut:

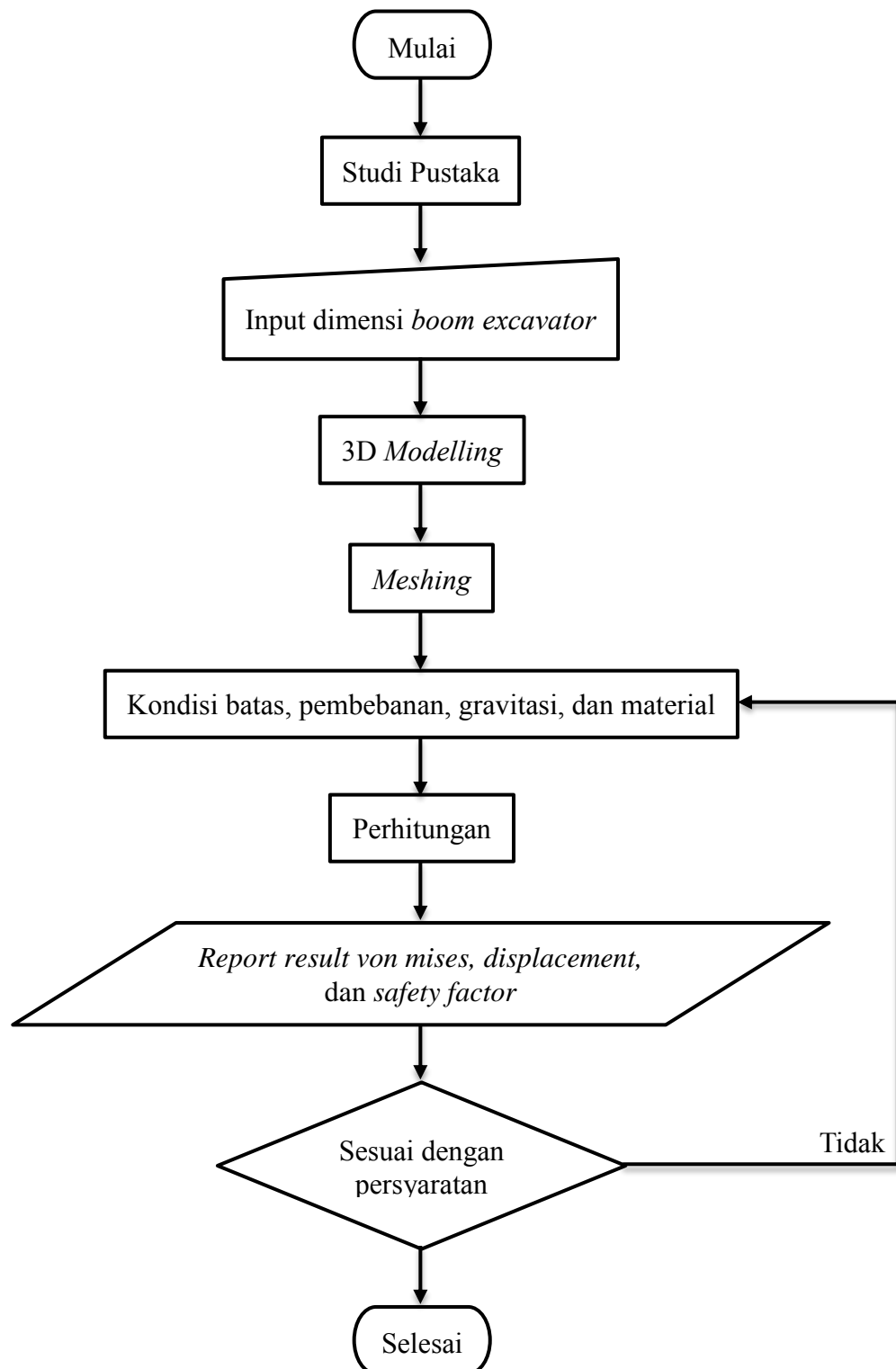
- a. *Autodesk Professional Inventor* 2015.
- b. *AutoCAD* 2007.
- c. *Microsoft Office Word* 2013.

##### **2. Alat penelitian**

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Komputer.
- b. Meteran.

### 3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Proses Analisis Software Autodesk Inventor

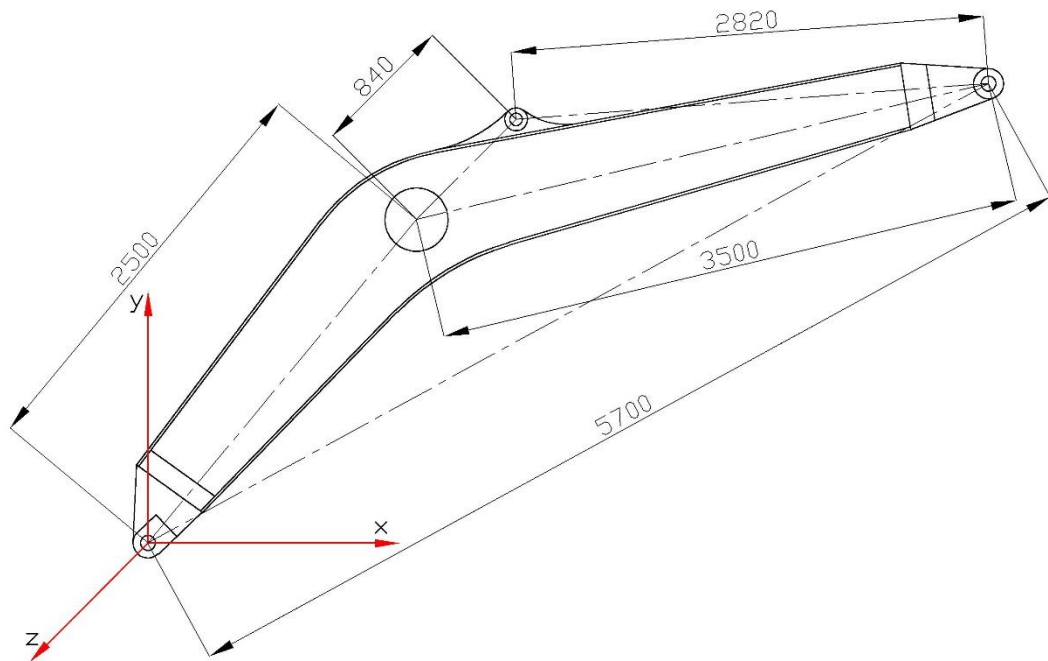
### 3.3.1. Uraian Prosedur Penelitian

#### 1. Studi Pustaka

Pada tahap ini penulis mencari dan mempelajari penelitian yang relevan tentang perilaku dan pemodelan pada *boom excavator* kelas 20 ton.

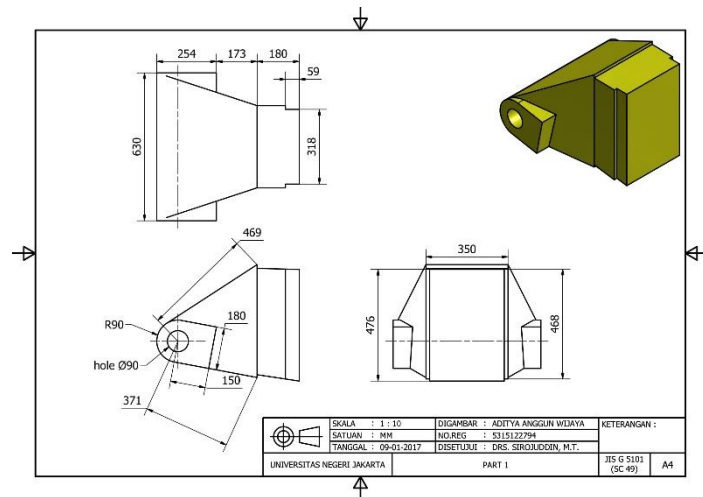
#### 2. Penentuan dimensi

Untuk pengukuran dimensi *boom excavator* kelas 20 ton, dilakukan secara manual dengan mengukur panjang, tinggi, lebar, dan *pin ke pin* menggunakan meteran. Kemudian membuat sketsa 2D *boom excavator* kelas 20 ton pada *software AutoCAD 2007*.

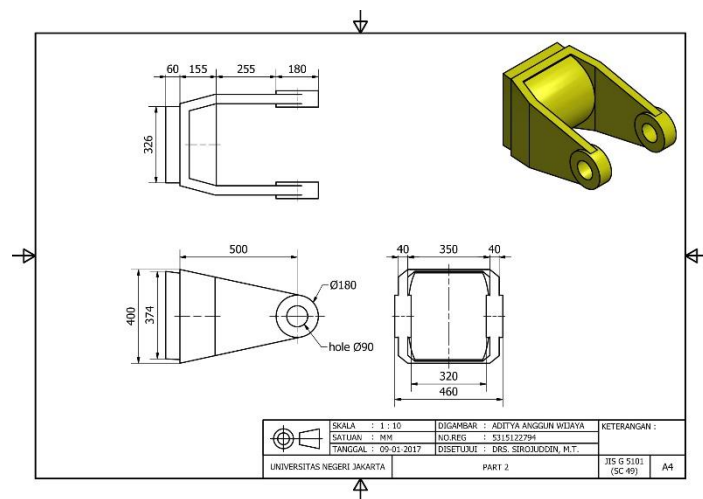


**Gambar 3 2. Boom Excavator Kelas 20 Ton dalam Dua Dimensi**

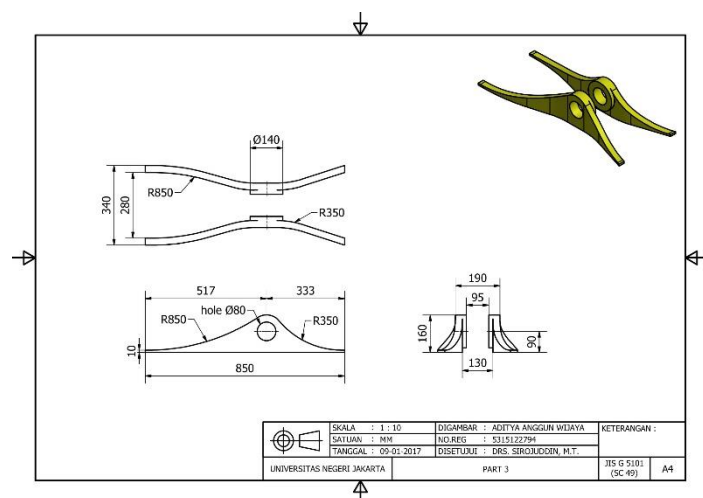
Setelah membuat sketsa 2D *boom excavator* kelas 20 ton pada *software AutoCAD 2007*, lalu lakukan 3D *modelling* dengan menggunakan *software Autodesk Inventor Professional 2015*.



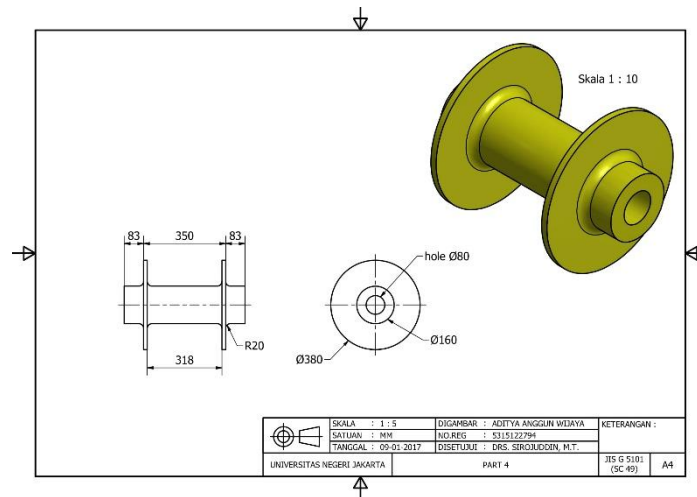
**Gambar 3.3. Gambar Dimensi *Part 1 Boom Excavator* Kelas 20 Ton**



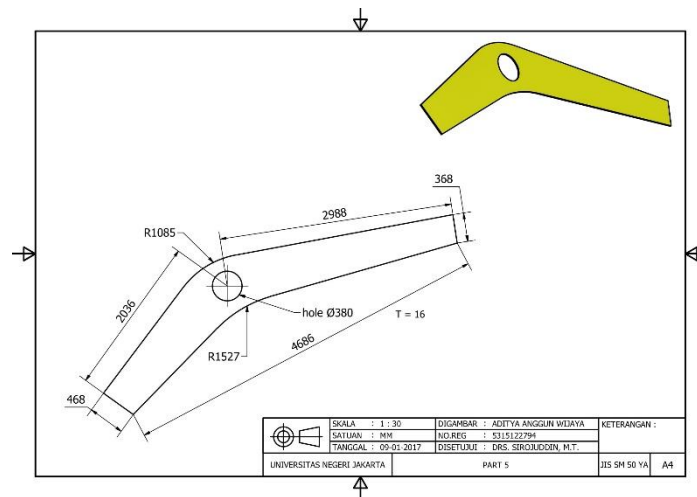
**Gambar 3 4. Gambar Dimensi *Part 2 Boom Excavator* Kelas 20 Ton**



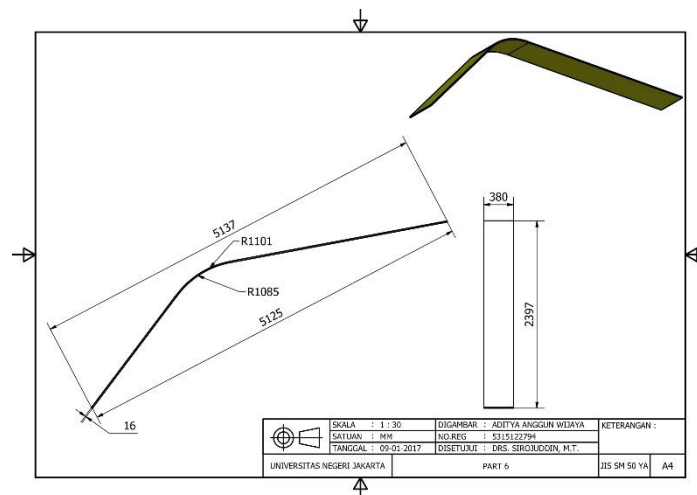
**Gambar 3.5. Gambar Dimensi *Part 3 Boom Excavator* Kelas 20 Ton**



**Gambar 3.6. Gambar Dimensi Part 4 Boom Excavator Kelas 20 Ton**

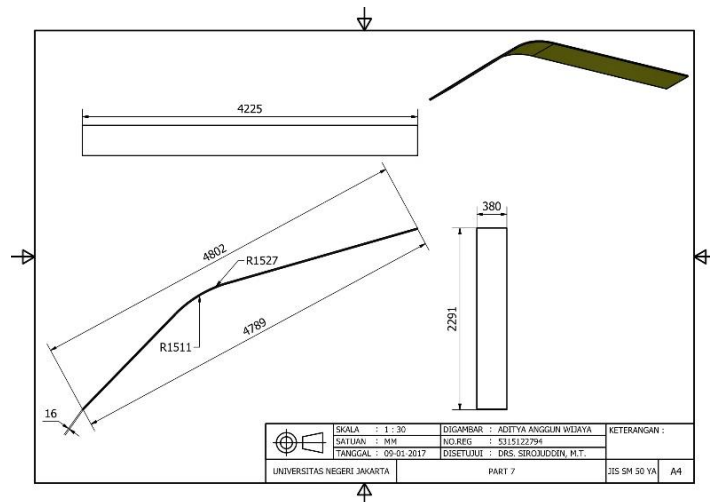


**Gambar 3.7. Gambar Dimensi Part 5 Boom Excavator Kelas 20 Ton**

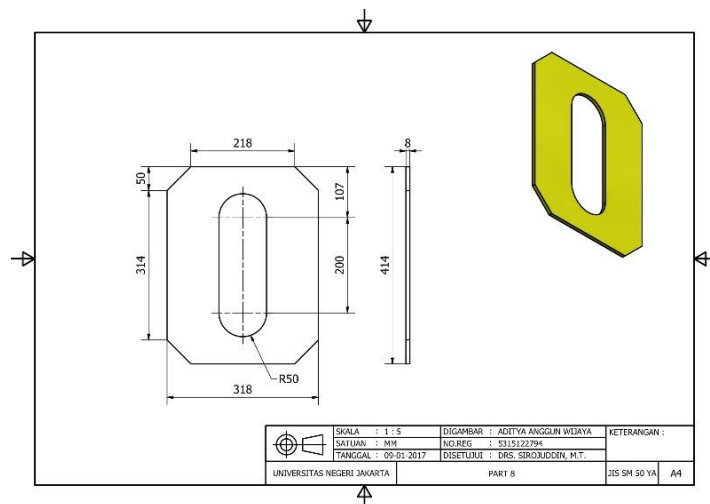


**Gambar 3.8. Gambar Dimensi Part 6 Boom Excavator Kelas 20 Ton**

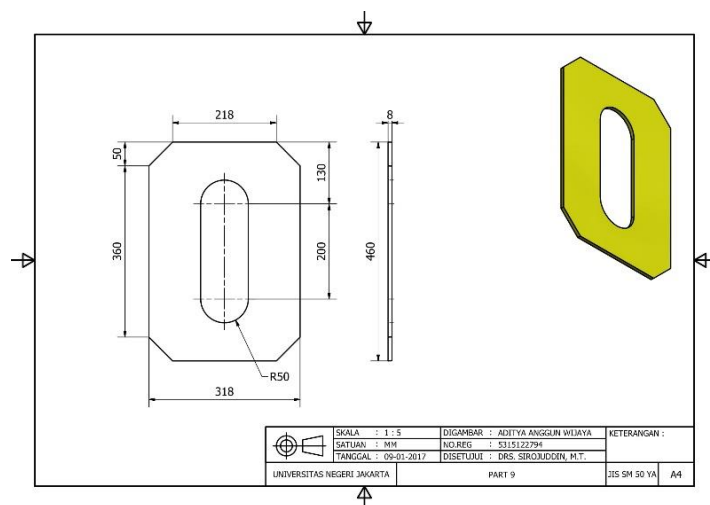




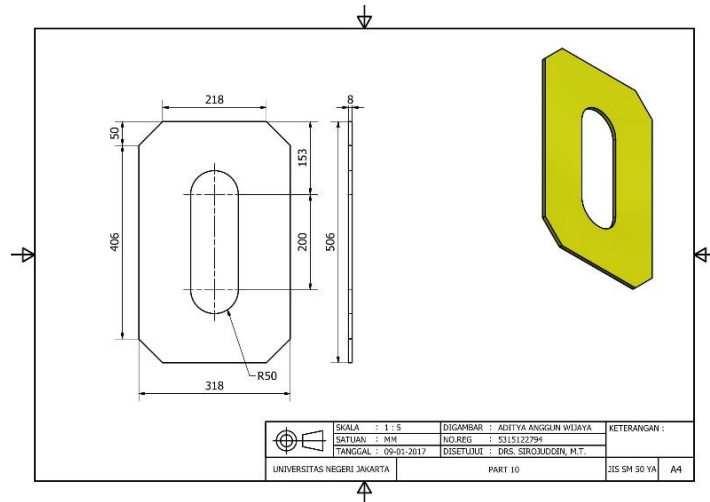
**Gambar 3.9. Gambar Dimensi Part 7 Boom Excavator Kelas 20 Ton**



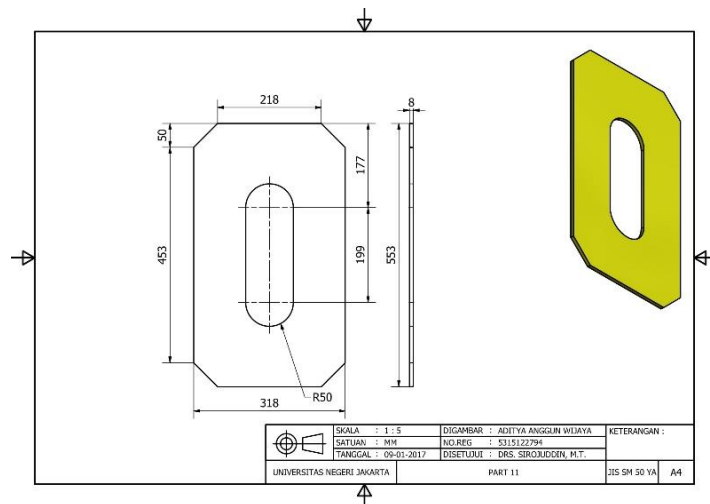
**Gambar 3.10. Gambar Dimensi Part 8 Boom Excavator Kelas 20 Ton**



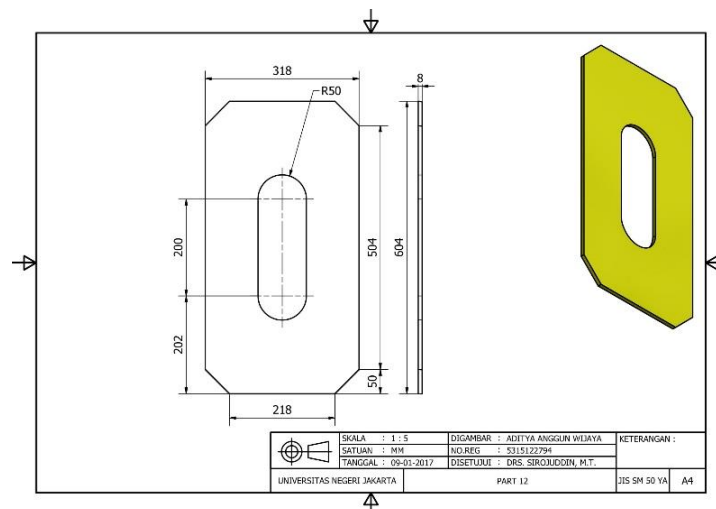
**Gambar 3.11. Gambar Dimensi Part 9 Boom Excavator Kelas 20 Ton**



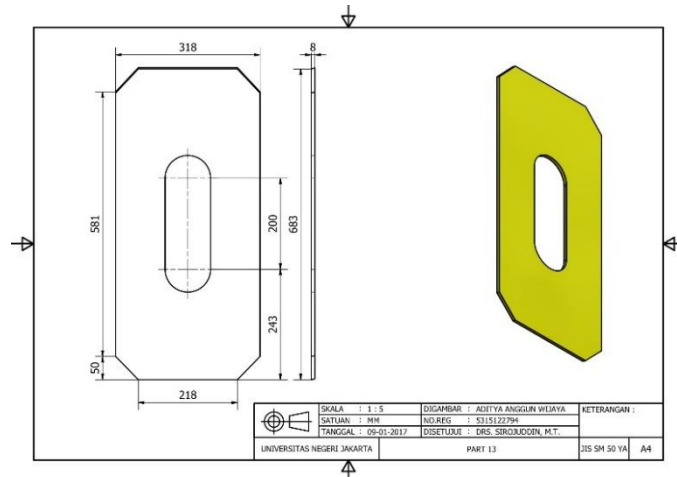
**Gambar 3.12. Gambar Dimensi Part 10 Boom Excavator Kelas 20 Ton**



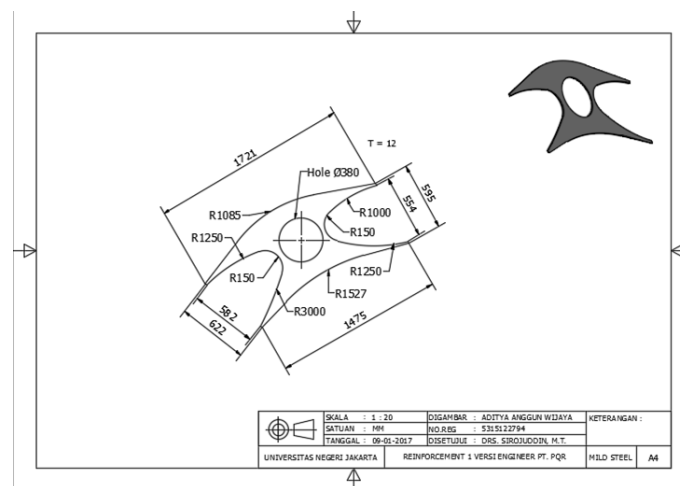
**Gambar 3.13. Gambar Dimensi Part 11 Boom Excavator Kelas 20 Ton**



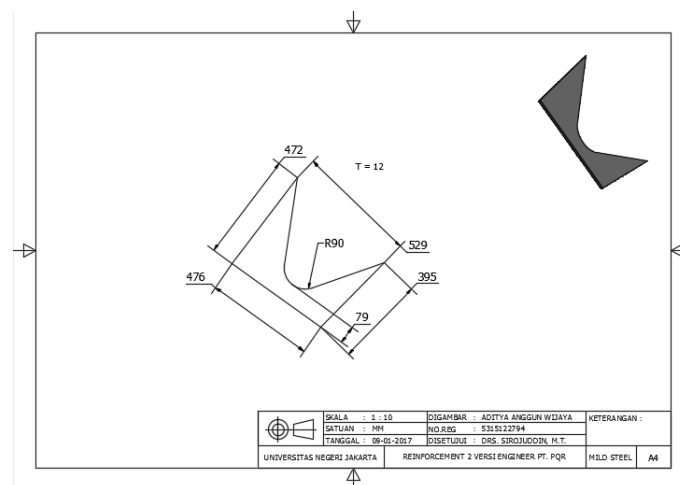
**Gambar 3.14. Gambar Dimensi Part 12 Boom Excavator Kelas 20 Ton**



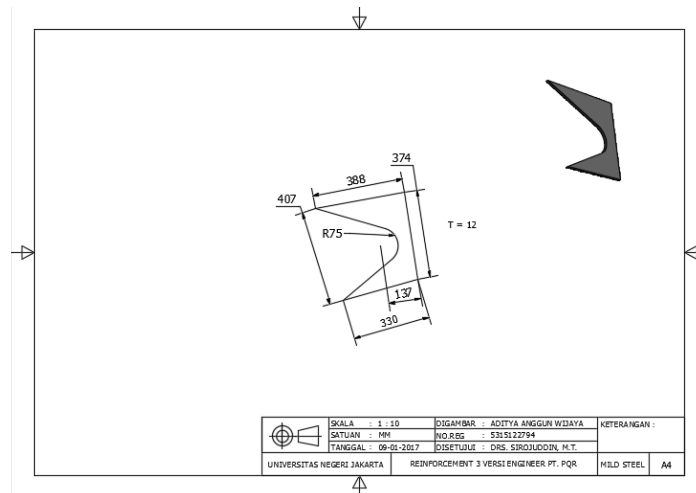
**Gambar 3.15. Gambar Dimensi *Part 13 Boom Excavator* Kelas 20 Ton**



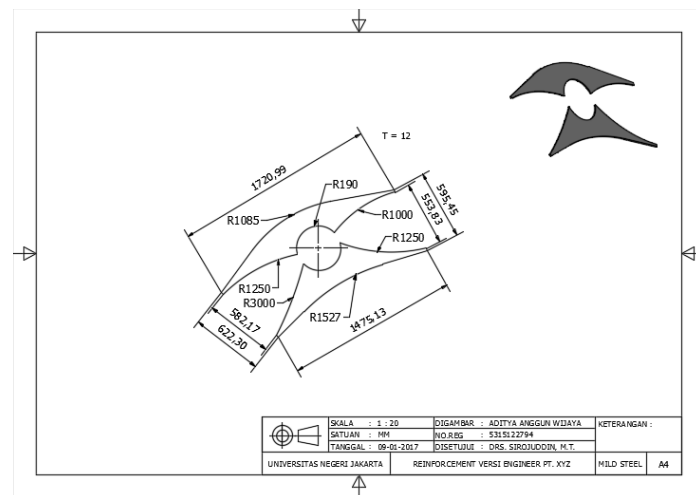
**Gambar 3.16. Gambar Dimensi *Part Reinforcement 1 Boom Excavator* Kelas 20 Ton Versi *Engineer* PT. PQR**



**Gambar 3.17. Gambar Dimensi *Part Reinforcement 2 Boom Excavator* Kelas 20 Ton Versi *Engineer* PT. PQR**



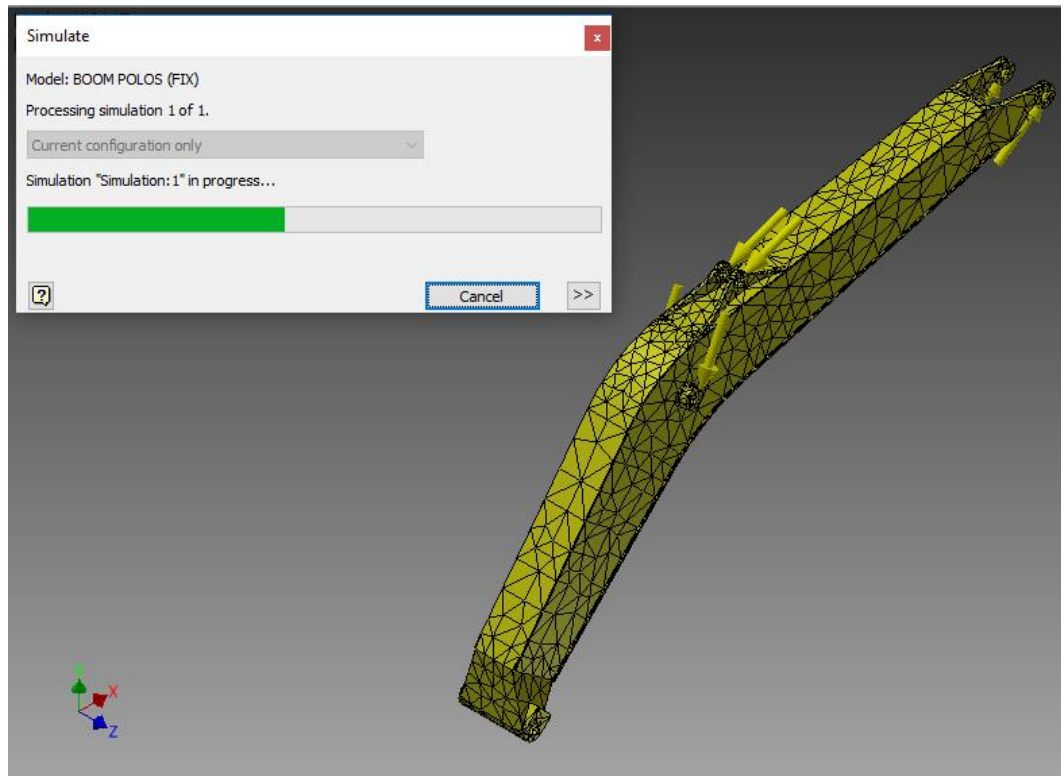
**Gambar 3.18. Gambar Dimensi *Part Reinforcement 3 Boom Excavator* Kelas 20 Ton Versi *Engineer PT. PQR***



**Gambar 3.19. Gambar Dimensi *Part Reinforcement Boom Excavator* Kelas 20 Ton Versi *Engineer PT. XYZ***

### 3. Meshing

Setelah dilakukan pembebanan dan material, lalu dilakukan *meshing*. Pada penelitian ini, tipe elemen yang dipergunakan adalah elemen solid tetrahedral. Data rata-rata ukuran elemen menggunakan 0.1 yaitu standar dari *Autodesk Inventor*.

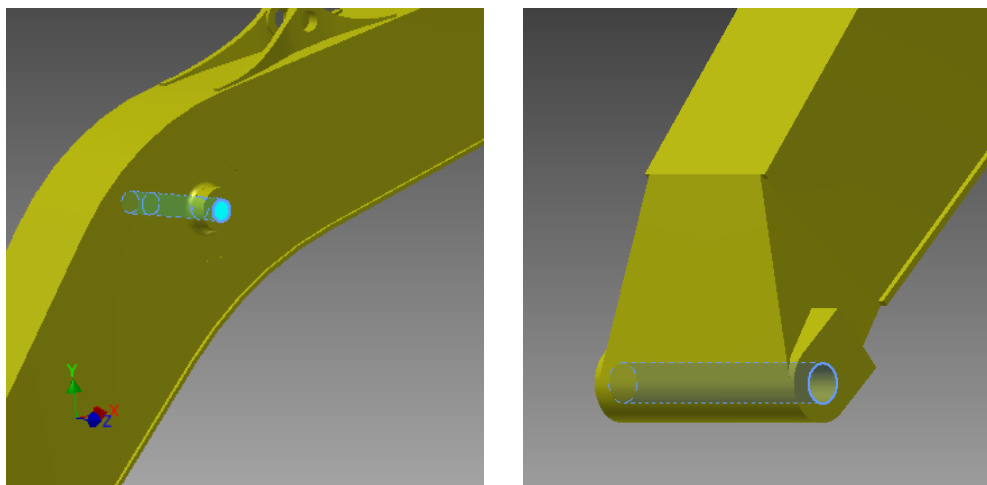


**Gambar 3.20. Pemberian *Meshing* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton**

4. Penentuan kondisi batas, pembebanan, gravitasi dan material

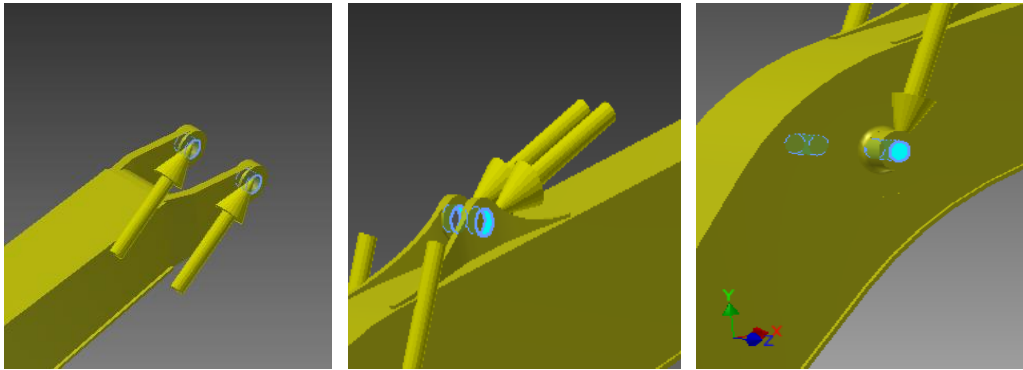
Setelah *modelling* selesai, lalu tentukan kondisi batas, pembebanan, gravitasi dan material di *software* dengan menggunakan *feature stress analysis*.

a. Menentukan lokasi *pin*.



**Gambar 3.21. Penentuan Lokasi *Pin* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton**

b. Pemberian beban.



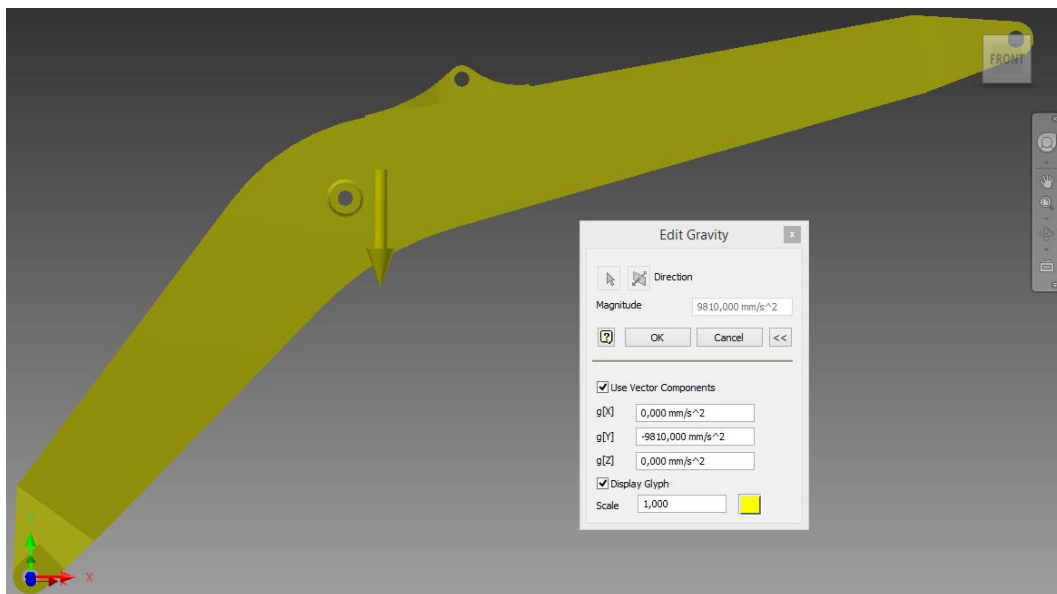
| Load Tipe | Force        |
|-----------|--------------|
| Magnitude | 111687,001 N |
| Vector X  | 89138,515 N  |
| Vector Y  | 67292,728 N  |

| Load Tipe | Force        |
|-----------|--------------|
| Magnitude | 94165,000 N  |
| Vector X  | -88367,520 N |
| Vector Y  | -32530,425 N |

| Load Tipe | Force         |
|-----------|---------------|
| Magnitude | 336842,440 N  |
| Vector X  | -141929,373 N |
| Vector Y  | -305481,395 N |

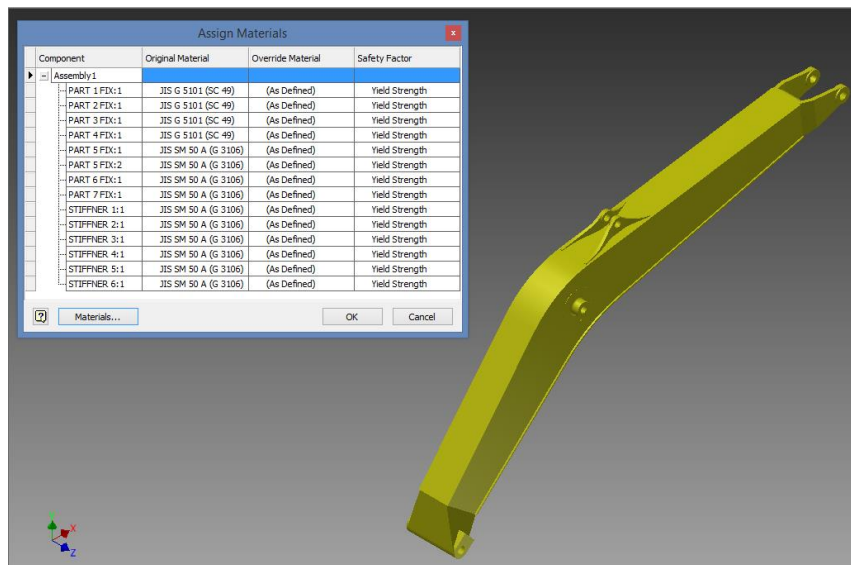
**Gambar 3.22. Pemberian Beban pada Boom Excavator Kelas 20 Ton**

c. Pemberian gaya gravitasi.



**Gambar 3.23. Pemberian Gaya Gravitasi pada Boom Excavator Kelas 20 Ton**

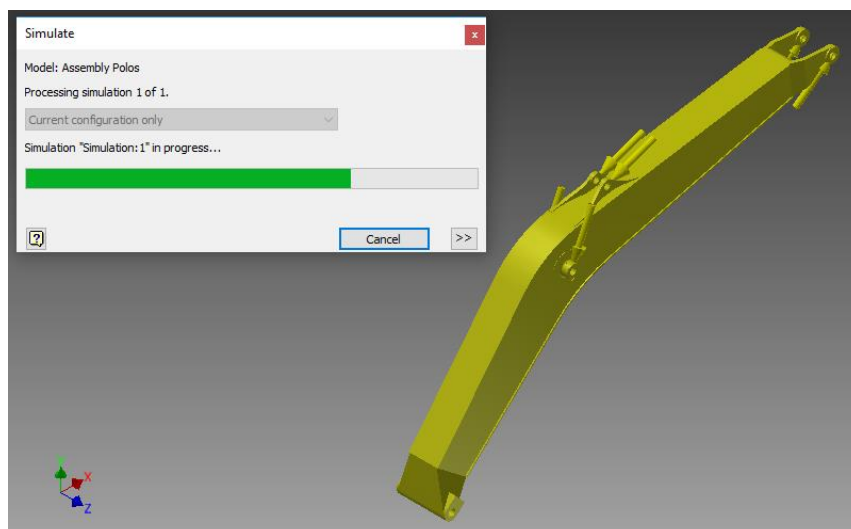
d. Pemberian material.



**Gambar 3.24. Pemberian Material pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton**

5. Perhitungan *software*

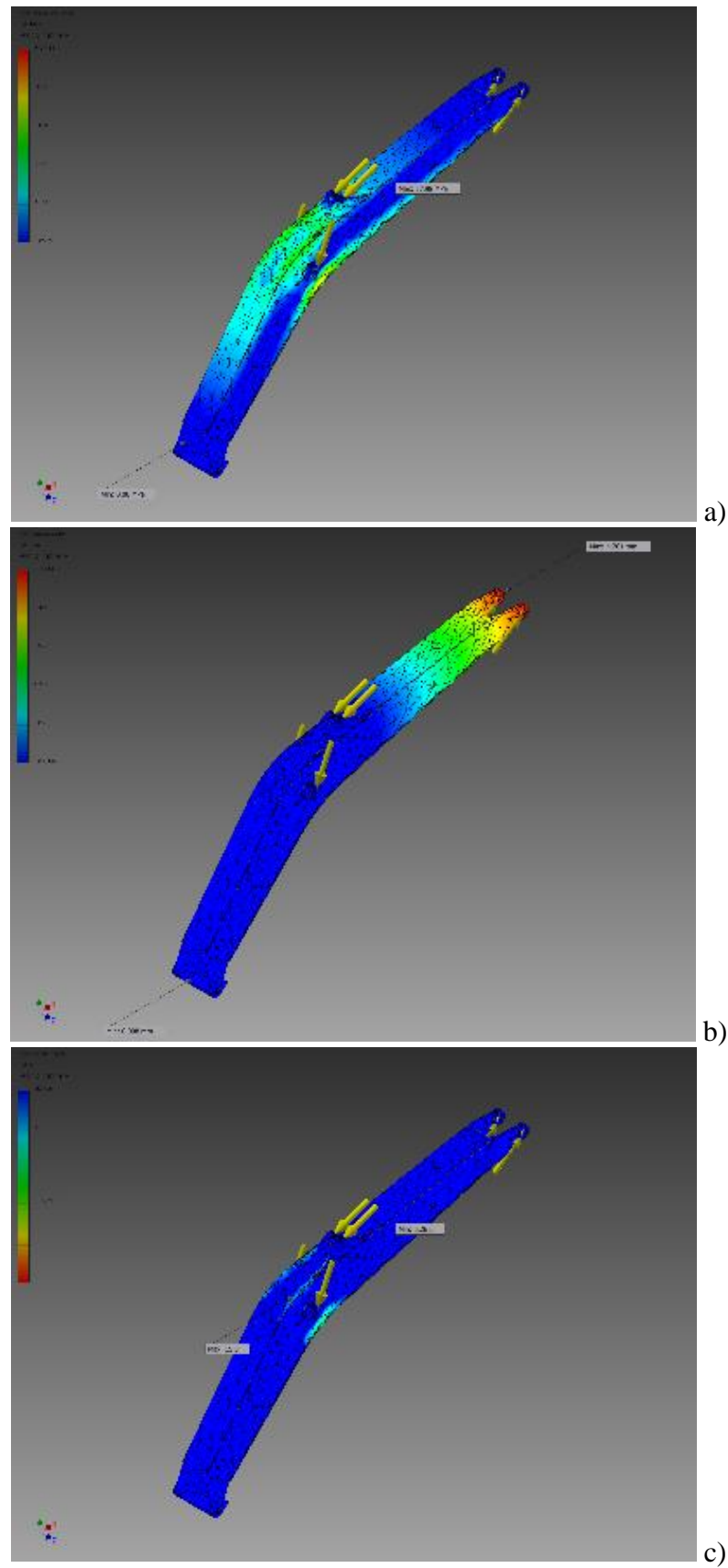
Setelah dimasukan semua data, lalu lakukan perhitungan dengan *simulate*.



**Gambar 3.25. Proses Perhitungan pada *Software Autodek Inventor***

6. *Report*

Hasil perhitungan keluar dalam bentuk *report*, disini dapat dilihat *volume*, *mass*, *von mises stress*, *displacement*, dan *safety factor* dari *boom excavator* kelas 20 ton.



**Gambar 3.26. Report, a) Von Mises Stress, b) Displacement, c) Safety Factor**



**Tabel 3.1. Result Summary**

|                                    |                           |               |
|------------------------------------|---------------------------|---------------|
| <b><i>Volume</i></b>               | 289509000 mm <sup>3</sup> |               |
| <b><i>Mass</i></b>                 | 2267.85 kg                |               |
| <b><i>Von Mises Stress</i></b>     | 0.0543714 MPa             | 54,9 MPa      |
| <b><i>1st Principal Stress</i></b> | -10.8488 MPa              | 44.3988 MPa   |
| <b><i>3rd Principal Stress</i></b> | -60.6102 MPa              | 15.4915 MPa   |
| <b><i>Displacement</i></b>         | 0.00804406 mm             | 4.2807 mm     |
| <b><i>Safety Factor</i></b>        | 6.261                     | 15            |
| <b><i>Stress XX</i></b>            | -43.1506 MPa              | 43.8547 MPa   |
| <b><i>Stress XY</i></b>            | -29.0962 MPa              | 22.8594 MPa   |
| <b><i>Stress XZ</i></b>            | -12.2704 MPa              | 11.5099 MPa   |
| <b><i>Stress YY</i></b>            | -40.1521 MPa              | 37.0975 MPa   |
| <b><i>Stress YZ</i></b>            | -12.4138 MPa              | 12.4972 MPa   |
| <b><i>Stress ZZ</i></b>            | -27.1571 MPa              | 22.6666 MPa   |
| <b><i>X Displacement</i></b>       | -1.04536 mm               | 0.210474 mm   |
| <b><i>Y Displacement</i></b>       | -0.158858 mm              | 4.19416 mm    |
| <b><i>Z Displacement</i></b>       | -0.0811135 mm             | 0.0782988 mm  |
| <b><i>Equivalent Strain</i></b>    | 0.000000250566            | 0.000257544   |
| <b><i>1st Principal Strain</i></b> | -0.00000477867            | 0.000210151   |
| <b><i>3rd Principal Strain</i></b> | -0.000294531              | 0.00000106356 |
| <b><i>Strain XX</i></b>            | -0.000190034              | 0.000177213   |
| <b><i>Strain XY</i></b>            | -0.000187234              | 0.0001471     |
| <b><i>Strain XZ</i></b>            | -0.0000789599             | 0.0000740664  |
| <b><i>Strain YY</i></b>            | -0.000173131              | 0.000149726   |
| <b><i>Strain YZ</i></b>            | -0.0000798825             | 0.0000804195  |
| <b><i>Strain ZZ</i></b>            | -0.000137066              | 0.000115444   |



| Model Type                       | JTHB210-3    | Model Type               | JTHB210-3  |
|----------------------------------|--------------|--------------------------|------------|
| Impact Energy Class: lbf-ft (Nm) | 4,500 (6101) | Working weight           |            |
| Impact Frequency: bpm            | 490-630      | Side Mount Bracket kg    | 1710       |
| Working Weight                   |              | Top Mount Box Bracket kg | 1780       |
| 1-Piece Side Plates - lb (kg)    | -            | Oil flow t/min           | 160~200    |
| 2-Piece Side Plates - lb (kg)    | -            | Operating pressure MPa   | 14~18      |
| Box Bracket - lb (kg)            | 3,968 (1800) | Impact rate bpm          | 450~630    |
| Operating Pressure psi           | 2,030-2,610  | Chisel diameter mm       | $\phi$ 135 |
| Mpa                              | 14-18        | Chisel weight kg         | 133        |
| Oil Flow gpm                     | 42.2-52.8    | Hose size inch           | 1"         |
| L/min                            | 160-200      | Gas pressure MPa         | 1.1        |
| Chisel Diameter - inch (mm)      | 5.3 (135)    | Base machine Ton         | 18~25      |
| Hose Size - inch                 | 1            | Excavator model          | PC200/270  |
| Base Carrier - mt                | 18-25        |                          |            |

**Gambar 3.29. Spesifikasi Breaker**

Diketahui: *Impact Energy Class* = 6101 Nm

$$H = 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$$

$$W_{breaker} = 1800 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 17.658 \text{ N}$$

Ditanya: *F<sub>b</sub>* (Gaya Breaker) = ?

Jawab:  $I = m \times g \times H \longrightarrow F = m \times g$

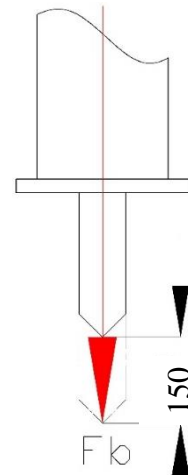
$$I = F \times H \longrightarrow F = I : H = 6101 \text{ Nm} : 0,15 \text{ m}$$

$$= 40.673,33 \text{ N}$$

$$F_b = F - W_{breaker} = 40.673,33 \text{ N} - (1800 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_b = 23.015,33 \text{ N}$$

Saat pengujian:  $F_b \times 1,25 + 0,25 \times F_b = 34.522,995 \text{ N} \sim 34.523 \text{ N}$



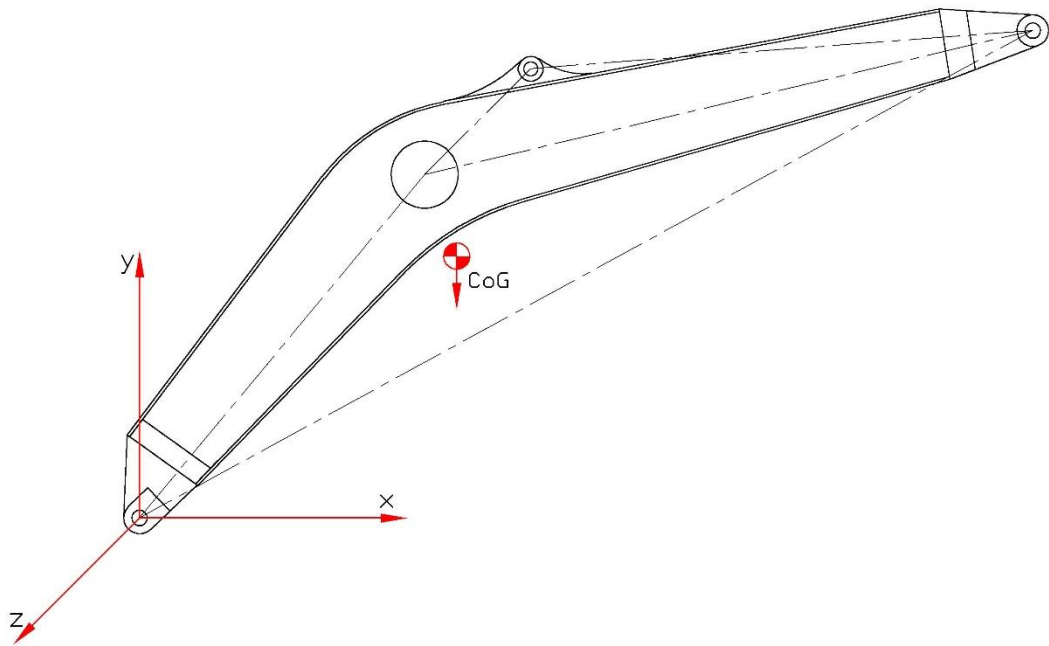
### 3.4.2. Penentuan Berat Total Boom Excavator Kelas 20 Ton

Dalam menganalisis berat *boom excavator* kelas 20 ton, dapat dilakukan dengan melihat berat total *boom excavator* kelas 20 ton dari *mass* pada *result summary Autodesk Inventor*.

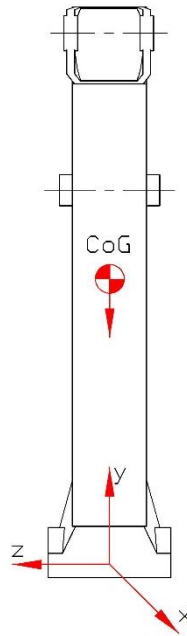
### 3.4.3. Posisi Titik Berat *Boom Excavator* Kelas 20 Ton

Dalam menganalisis posisi titik berat sumbu x dan sumbu y, dapat dilakukan dengan cara mengukur panjang, tinggi, dan lebar *boom excavator* kelas 20 ton. Kemudian dibuat sketsa panjang, tinggi, dan lebar *boom excavator* kelas 20 ton menggunakan program *AutoCAD*.

Hal sama juga dapat dilakukan dalam menganalisis posisi titik berat sumbu x dan y, dengan cara membuat 3 dimensi *boom excavator* kelas 20 ton terlebih dahulu sesuai dengan posisi yang akan dianalisis menggunakan *software Autodesk Inventor*, kemudian pilih *report*. Sehingga hasilnya nanti akan terlihat pada tabel *physical* yakni *center of gravity*.



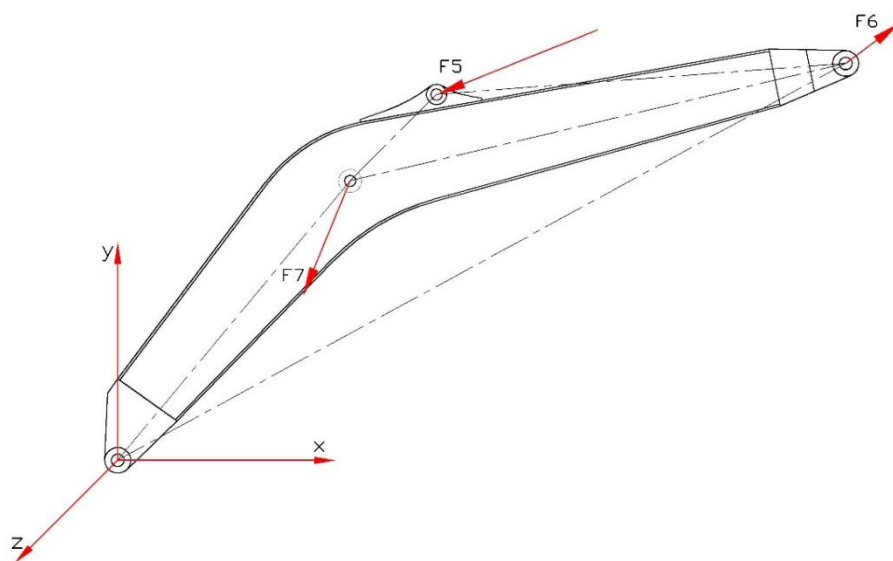
**Gambar 3.30. Pandangan Depan *Boom Excavator* Kelas 20 Ton terhadap Posisi Titik Berat Sumbu X**



**Gambar 3.31. Pandangan Samping *Boom Excavator* Kelas 20 Ton terhadap Posisi Titik Berat Sumbu Y**

#### **3.4.4. *Free Body Diagram Boom Excavator* Kelas 20 Ton**

Gaya-gaya arah *boom excavator* kelas 20 ton dihitung dengan mengacu pada diagram benda bebas yang dapat disimulasikan dengan program *AutoCAD*. Serta gaya lainnya yang mempengaruhi *boom excavator* kelas 20 ton dapat dilihat sebagai berikut:



**Gambar 3.32. Diagram Benda Bebas *Boom Excavator* Kelas 20 Ton**

### 3.4.5. Varian Model

Pada penelitian ini digunakan 3 variasi model yang berbeda, seperti ketebalan, ukuran dan posisi *reinforcement* pada *boom excavator* kelas 20 ton yang berbeda. Hal ini bertujuan untuk mencari kekuatan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton yang paling kuat, dan aman ketika *boom excavator* kelas 20 ton tersebut menggunakan *attachment breaker*.

1. Desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*.
2. Desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi engineer PT. PQR.
3. Desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi engineer PT. XYZ.

### 3.5. Teknik Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan untuk mengukur dalam perancangan *boom excavator* kelas 20 ton adalah *stress analysis* dari software *Autodesk Inventor Professional 2015*.

#### 3.5.1. Alasan Pemilihan Varian Konsep

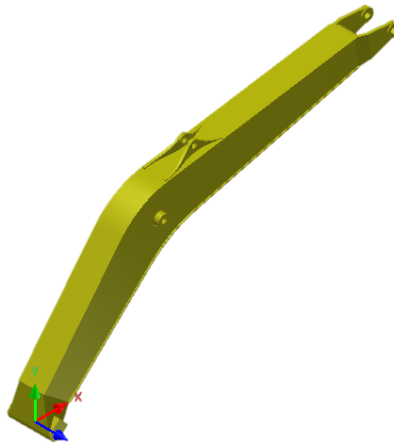
Pemilihan bahan untuk *reinforcement boom excavator* kelas 20 ton menggunakan baja karena mudah didapatkan, harganya terjangkau, mudah dilas, massa jenis kecil namun dapat menahan beban yang tinggi.

## BAB IV

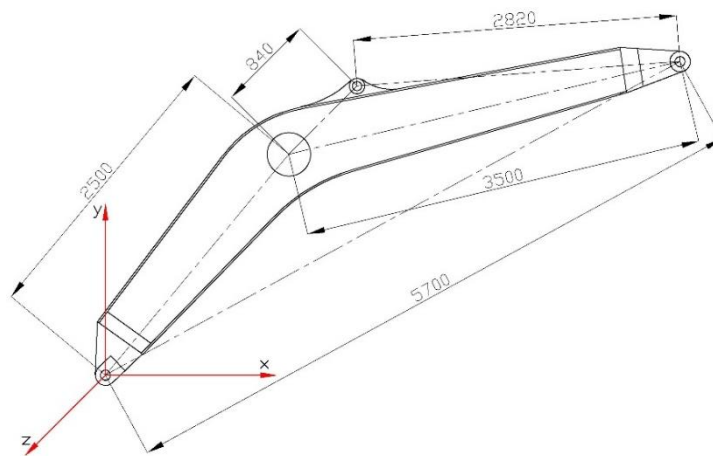
### HASIL PENELITIAN

#### 4.1. Model Desain

Model *boom excavator* kelas 20 ton digambar dan dibentuk ke dalam 3 dimensi pada *software Autodesk Inventor Professional 2015* dengan material dan dimensi yang sudah ditentukan. Kemudian diuji dengan *stress analysis* pada *software Autodesk Inventor Professional 2015* agar mengetahui kekuatan dari *boom excavator* kelas 20 ton.



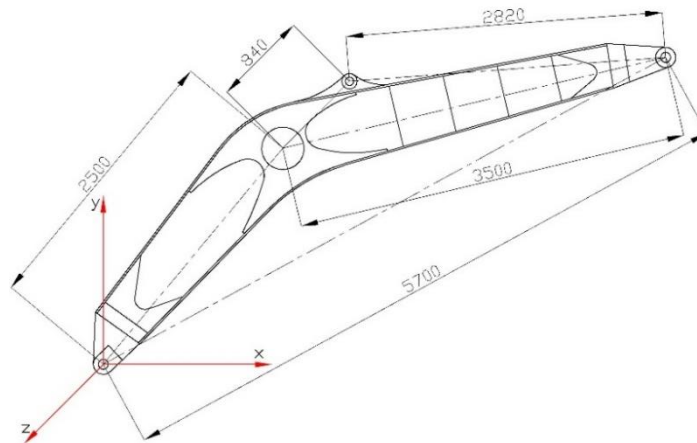
**Gambar 4.1. Rangka Boom Excavator Kelas 20 Ton Unreinforcement**



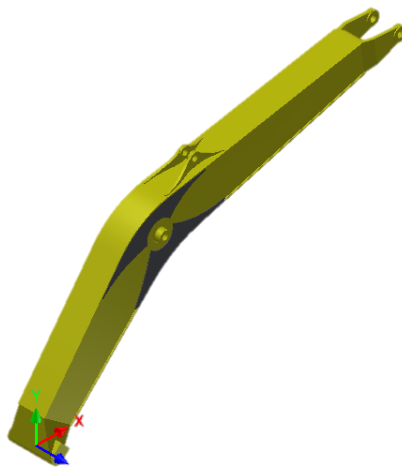
**Gambar 4.2. Pandangan Depan Boom Excavator Kelas 20 Ton Unreinforcement**



**Gambar 4.3. Rangka *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer PT. PQR***

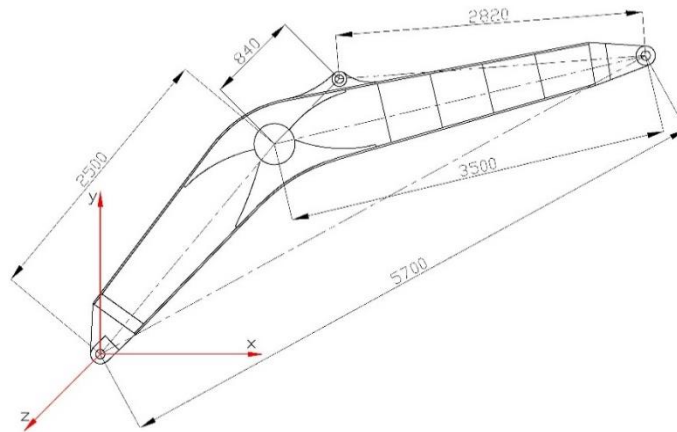


**Gambar 4.4. Pandangan Depan *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer PT. PQR***



**Gambar 4.5. Rangka *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer PT. XYZ***





**Gambar 4.6. Pandangan Depan *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Reinforcement* Versi *Engineer PT. XYZ***

*Boom excavator* kelas 20 ton adalah penopang dan tuas utama yg digunakan untuk menggerakkan *arm* naik turun. *Boom excavator* kelas 20 ton ini harus dapat menahan beban dari *arm*, *breaker*, dan beban dari luar. Kegunaan rangka ini selain sebagai penopang dan tuas utama yg digunakan untuk menggerakkan *arm* naik turun, juga sebagai *mounting* atau penempatan bagian-bagian penting *excavator*, seperti *boom cylinder*, *arm*, *arm cylinder*, dan *breaker*. Desain *boom excavator* kelas 20 ton ini dibuat berdasarkan data yang kami peroleh dari pengukuran secara manual, dan jurnal atau penelitian yang relevan.

#### 4.2. Bahan dan Material

**Tabel 4.1. Data Properti Material *JIS SM 50 YA***

| <i>Name</i>    | <i>JIS SM 50 YA</i>              |                        |
|----------------|----------------------------------|------------------------|
| <b>General</b> | <i>Mass Density</i>              | 7.83 g/cm <sup>3</sup> |
|                | <i>Yield Strength</i>            | 363 MPa                |
|                | <i>Ultimate Tensile Strength</i> | 490 MPa                |
| <b>Stress</b>  | <i>Young's Modulus</i>           | 200 GPa                |
|                | <i>Poisson's Ratio</i>           | 0.287                  |
|                | <i>Shear Modulus</i>             | 77.7001 GPa            |

Tabel 4.2. Data Properti Material *JIS G 5101 (SC 49)*

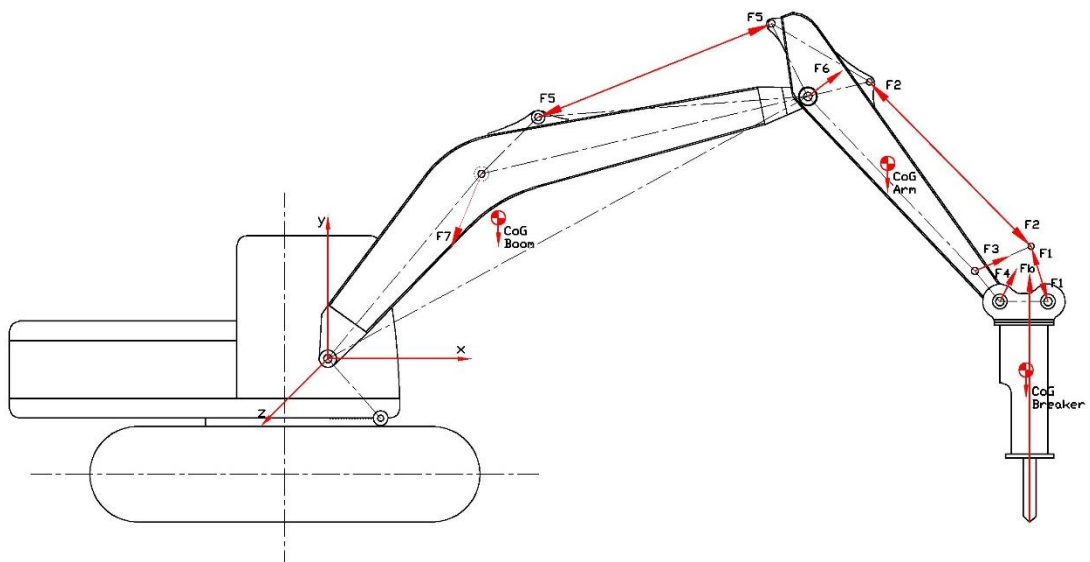
| <i>Name</i>    | <i>JIS G 5101 (SC 49)</i>        |                        |
|----------------|----------------------------------|------------------------|
| <b>General</b> | <i>Mass Density</i>              | 7,85 g/cm <sup>3</sup> |
|                | <i>Yield Strength</i>            | 250 MPa                |
|                | <i>Ultimate Tensile Strength</i> | 490 MPa                |
| <b>Stress</b>  | <i>Young's Modulus</i>           | 210 GPa                |
|                | <i>Poisson's Ratio</i>           | 0,3                    |
|                | <i>Shear Modulus</i>             | 80,7692 GPa            |

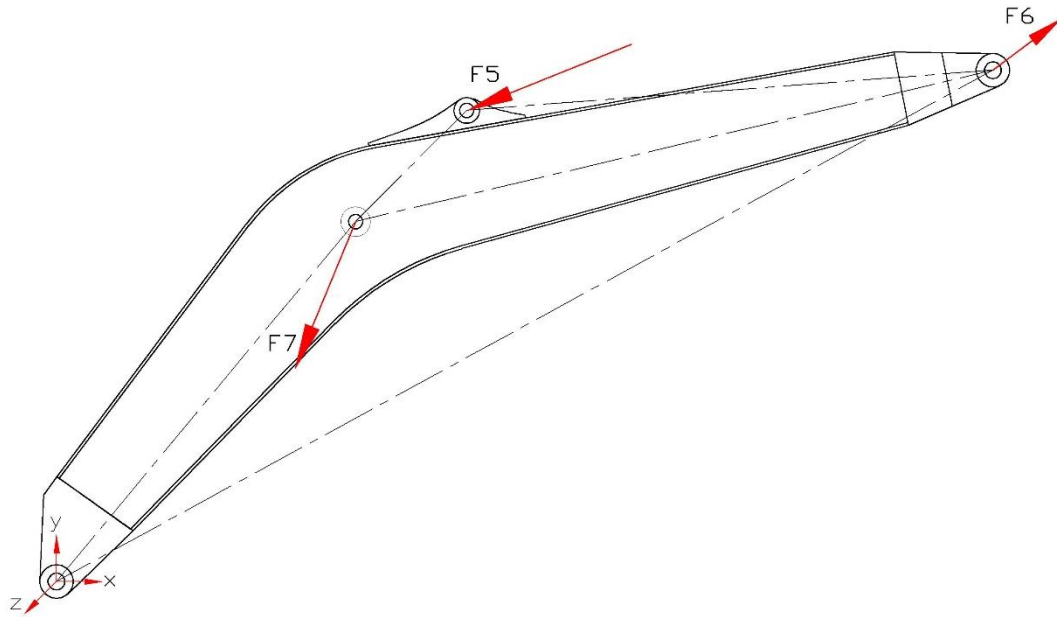
Tabel 4.3. Data Properti Material *Steel, Mild*

| <i>Name</i>    | <i>Steel, Mild</i>               |                        |
|----------------|----------------------------------|------------------------|
| <b>General</b> | <i>Mass Density</i>              | 7.85 g/cm <sup>3</sup> |
|                | <i>Yield Strength</i>            | 207 MPa                |
|                | <i>Ultimate Tensile Strength</i> | 345 MPa                |
| <b>Stress</b>  | <i>Young's Modulus</i>           | 220 GPa                |
|                | <i>Poisson's Ratio</i>           | 0.275                  |
|                | <i>Shear Modulus</i>             | 86.2745 GPa            |

#### 4.3. Perhitungan Teori

Untuk perhitungan teori pada pembebanan yang diterima rangka *boom excavator* kelas 20 ton adalah sebagai berikut:

Gambar 4.7. Diagram Benda Bebas *Excavator* Kelas 20 Ton



**Gambar 4.8. Diagram Benda Bebas *Boom Excavator* Kelas 20 Ton**

### A. Distribusi Beban Statis

#### 1. Breaker:

Diketahui: *Impact Energy Class* = 6101 Nm

$$H = 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$$

$$W_{breaker} = 1800 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 17.658 \text{ N}$$

Ditanya:  $F_b$  (Gaya *Breaker*) = ?

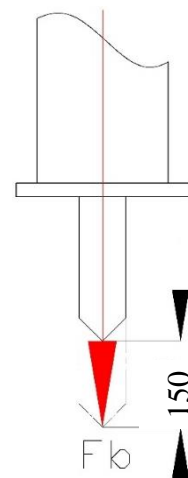
Jawab:  $I = m \times g \times H \longrightarrow F = m \times g$

$$I = F \times H \longrightarrow F = I : H = 6101 \text{ Nm} : 0,15 \text{ m} \\ = 40.673,33 \text{ N}$$

$$F_b = F - W_{breaker} = 40.673,33 \text{ N} - (1800 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2)$$

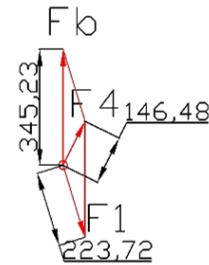
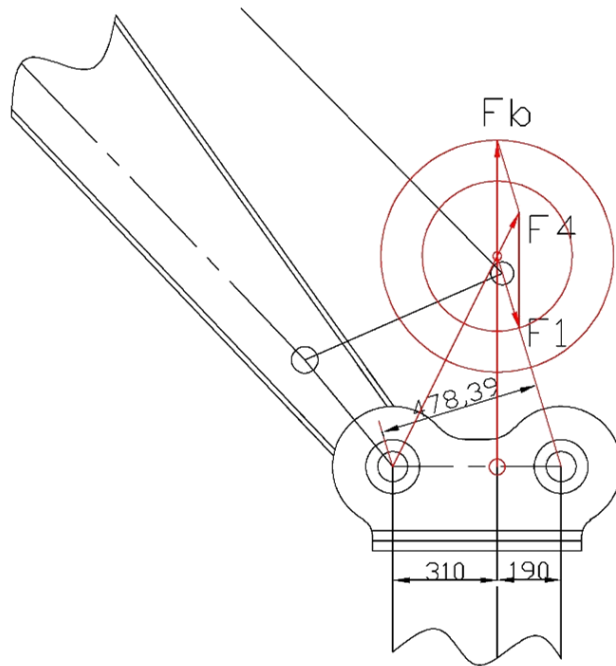
$$F_b = 23.015,33 \text{ N}$$

Saat pengujian:  $F_b \times 1,25 + 0,25 \times F_b = 34.522,995 \text{ N} \sim 34.523 \text{ N}$



## #Penentuan Gaya-gaya Menggunakan Metode Grafis

### 2. Mencari F1 dan F4



#Perbandingan Skala Gaya

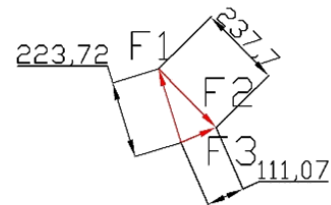
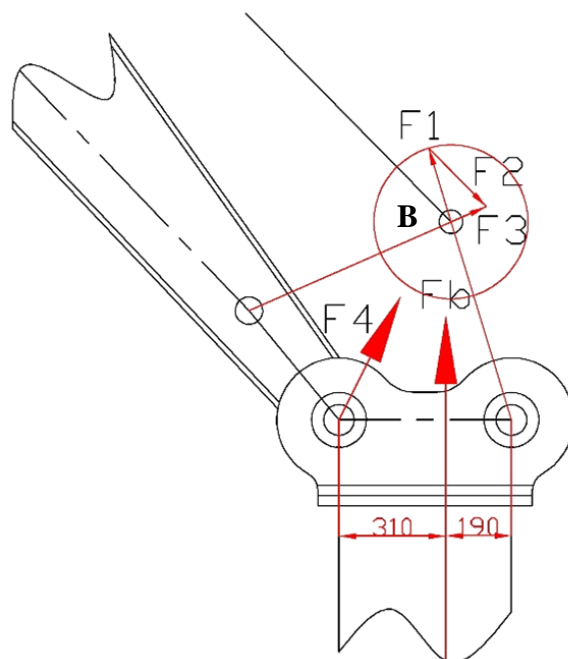
1 cm = 1000 N

$F_b = 345,22995 \text{ mm}$

$F_1 = 223,7154 \text{ mm}$

$F_4 = 146,48 \text{ mm}$

### 3. Titik B (Mencari F2 dan F3)



#Perbandingan Skala Gaya

1 cm = 1000 N

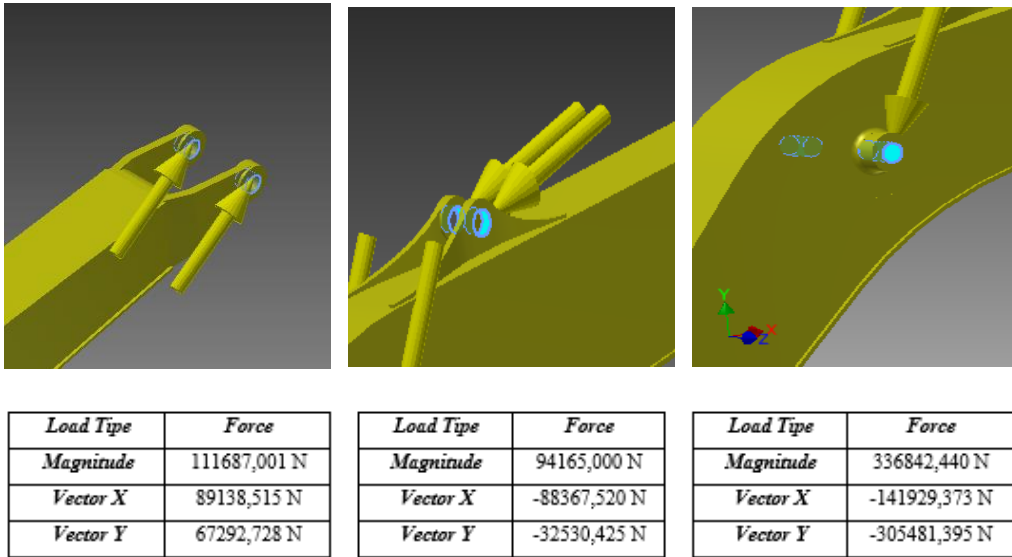
$F_1 = 223,7154 \text{ mm}$

$F_2 = 237,7 \text{ mm}$

$F_3 = 111,07 \text{ mm}$

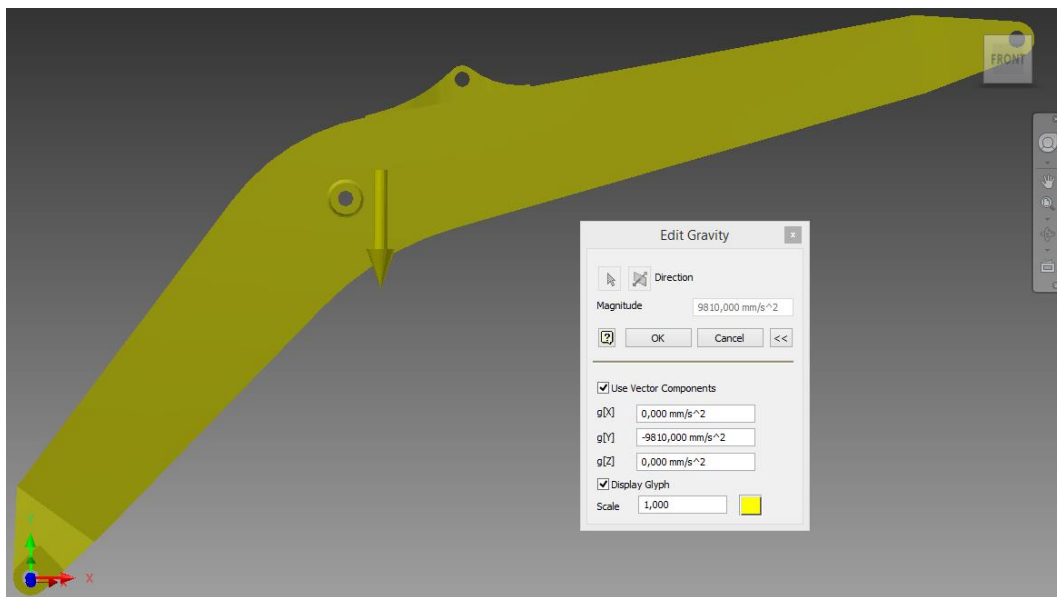


b. Penerapan gaya-gaya pada rangka *boom excavator* kelas 20 ton.



**Gambar 4.10. Pemberian Beban pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton**

c. Pemberian gaya gravitasi pada rangka *boom excavator* kelas 20 ton.



**Gambar 4.11. Pemberian Gaya Gravitasi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton**

#### 4.5. Hasil Analisis dengan *Software Autodesk Inventor*

Setelah proses perhitungan dengan *software Autodesk Inventor Professional* 2015 telah selesai sampai akhir, maka hasil analisis statis dan simulasi dapat

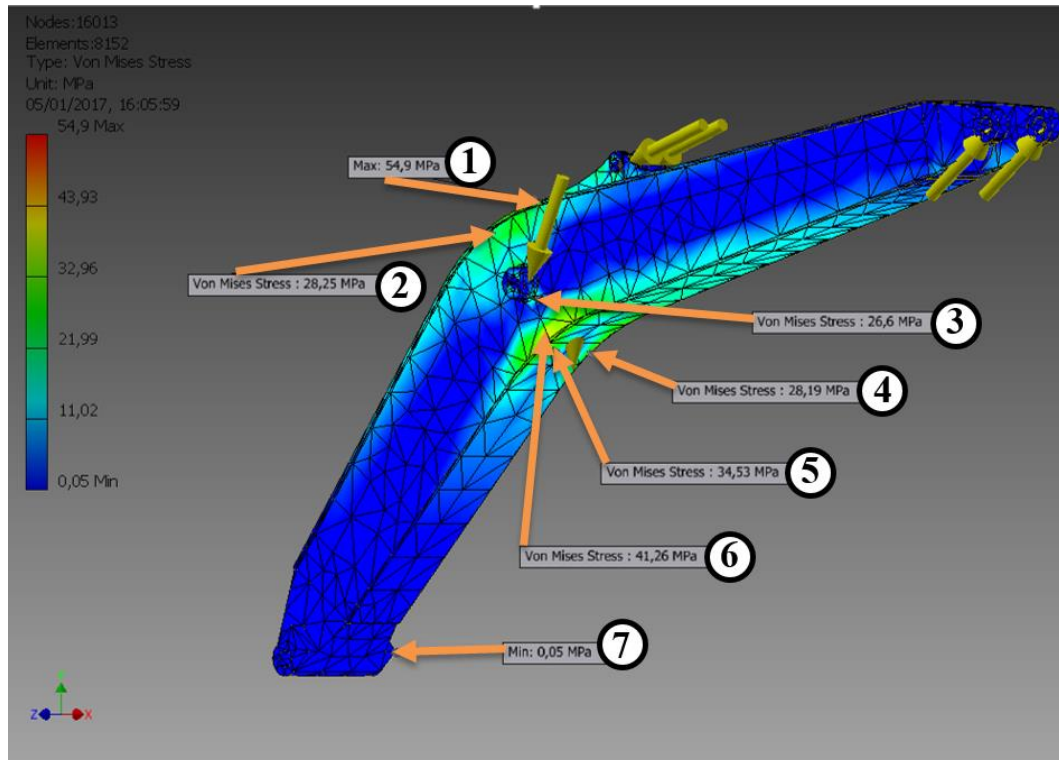
diketahui yaitu nilai-nilai maksimum dan minimum yang terjadi pada struktur objek. Untuk melihat hasil tegangan, dan faktor keamanan dapat dilihat dalam *stress analysis report*.

Analisis simulasi tegangan, dan faktor keamanan rangka menggunakan *software Autodesk Inventor Professional 2015* dengan cara memilih *toolbar stress analysis*. Setelah kita pilih *toolbar stress analysis*, lalu kita pilih *static analysis* dan *mesh view*. Setelah melakukan *meshing*, lalu masukan data spesifikasi material bahan sesuai dengan perencanaan sebelumnya. Diasumsikan rangka *boom excavator* kelas 20 ton pada posisi pin 1 mendapatkan beban 111687 N, pada posisi pin 2 mendapatkan beban 94165 N, dan pada posisi pin 3 mendapatkan beban 336842,440 N. Pada *Autodesk Inventor Professional 2015* dimasukan data-data *boom excavator* kelas 20 ton sesuai dengan kondisi yang mendekati sebenarnya, sehingga dapat dilakukan analisis statis pada struktur tersebut. Setelah sampai pada langkah ini, dapat diketahui apakah ada kesalahan pada langkah-langkah analisis. Jika ada kesalahan, maka perlu dilakukan *editing* sampai benar. Dalam analisis ini struktur rangka dapat dilihat pada gambar untuk mengetahui secara keseluruhan tegangan, dan faktor keamanannya.

1. Hasil analisis dari *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement*

**Tabel 4.4. Hasil Analisis dari Boom Excavator Kelas 20 Ton Unreinforcement**

| <i>Name</i>                                   | <i>Minimum</i>            | <i>Maximum</i> |
|---|---------------------------|----------------|
| <b><i>Volume</i></b>                          | 289509000 mm <sup>3</sup> |                |
| <b><i>Mass</i></b>                            | 2267.85 kg                |                |
| <b><i>Von Mises Stress</i></b>                | 0.0543714 MPa             | 54,9 MPa       |
| <b><i>1<sup>st</sup> Principal Stress</i></b> | -10.8488 MPa              | 44.3988 MPa    |
| <b><i>3<sup>rd</sup> Principal Stress</i></b> | -60.6102 MPa              | 15.4915 MPa    |
| <b><i>Safety Factor</i></b>                   | 6.261                     | 15             |



**Gambar 4.12. Tegangan yang Terjadi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement***

Dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa rangka tersebut mengalami tegangan maksimal terbesar 54,9 MPa yang berada pada daerah yang ditunjukkan pada gambar analisis diatas yaitu pada sekitar *center boom*.

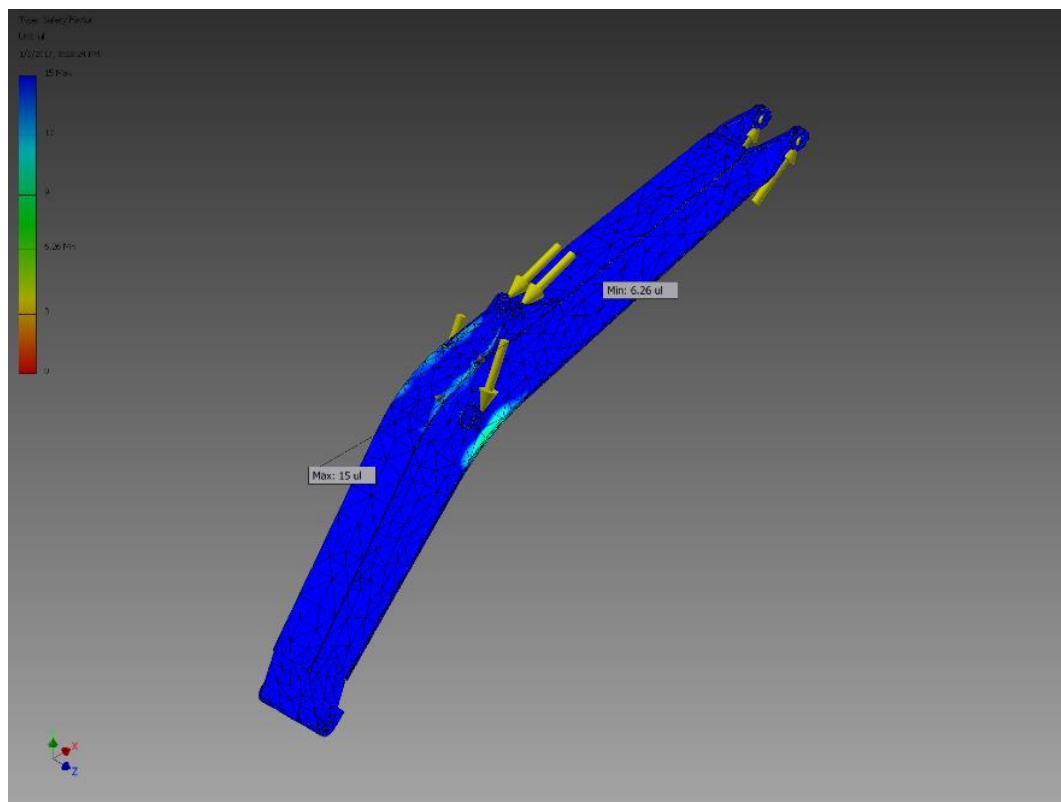
Berdasarkan standar ANSI MH29.1, faktor keamanan *boom excavator* kelas 20 ton dapat ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a) *Factor of safety* ( $n_s$ )  $= 3$
- b) Tegangan normal izin ( $\sigma_a$ )  $= \frac{\text{yield strength}}{\text{factor safety}} = \frac{\sigma_y}{n_s} = \frac{363 \text{ MPa}}{3}$
- c) Tegangan geser izin ( $\tau_a$ )  $= 0.577 \times \sigma_a = 69,817 \text{ MPa}$
- d) Jika  $\tau_{max}$  yang terjadi  $\leq \tau_a$ , maka *boom excavator* aman.



**Tabel 4.5. Hasil Analisis Tegangan yang Terjadi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement***

| No. | Tegangan yang Terjadi<br>( <i>Von Misses Stress</i> ) | Tegangan yang Diizinkan | Keterangan |
|-----|---|-------------------------|------------|
| 1   | 54,9 MPa  | 69,817 MPa              | Aman       |
| 2   | 28,25 MPa   | 69,817 Mpa              | Aman       |
| 3   | 26,6 MPa  | 69,817 Mpa              | Aman       |
| 4   | 28,19 MPa   | 69,817 Mpa              | Aman       |
| 5   | 34,53 MPa   | 69,817 Mpa              | Aman       |
| 6   | 41,26 MPa   | 69,817 Mpa              | Aman       |
| 7   | 0,05 MPa  | 69,817 MPa              | Aman       |



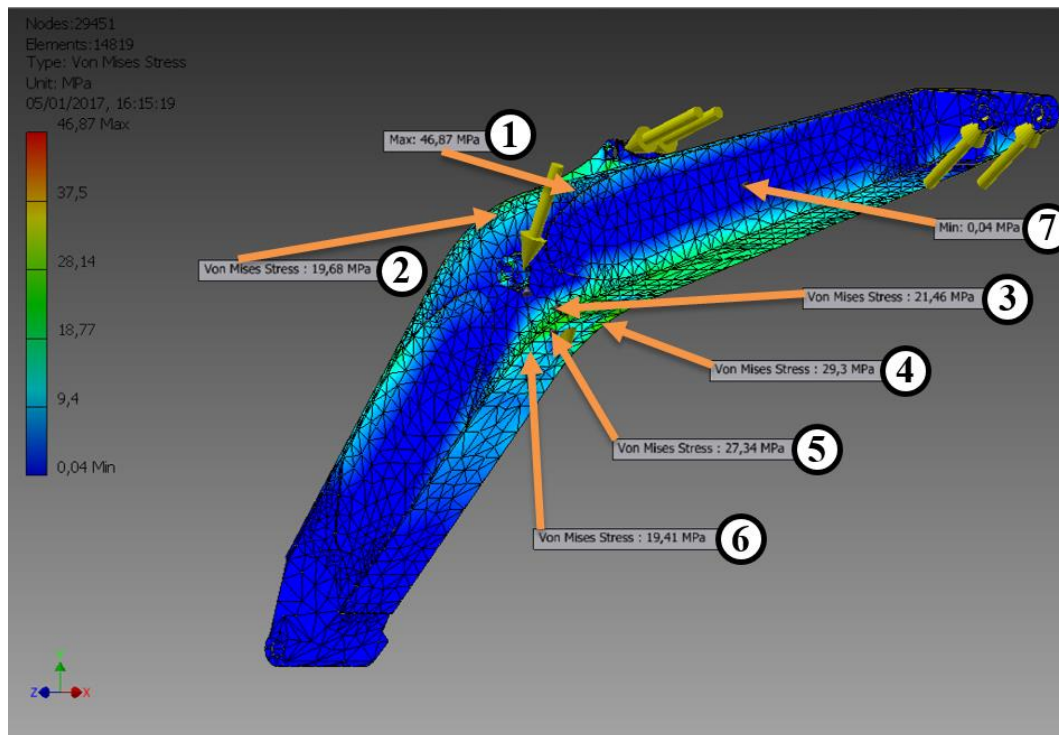
**Gambar 4.13. *Safety Factor* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement***

Dalam proses analisis tekanan yang terjadi pada rangka, dihasilkan *factor of safety* (FS) minimum adalah 6,26 yang berada pada sekitar *center boom* dan maksimumnya adalah 15.

2. Hasil analisis dari *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. PQR

**Tabel 4.6. Hasil Analisis dari Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. PQR**

| <i>Name</i>                            | <i>Minimum</i>            | <i>Maximum</i> |
|--|---------------------------|----------------|
| <i>Volume</i>                          | 307034000 mm <sup>3</sup> |                |
| <i>Mass</i>                            | 2405,12 kg                |                |
| <i>Von Mises Stress</i>                | 0,0379494 MPa             | 46,8692 MPa    |
| <i>1<sup>st</sup> Principal Stress</i> | -9,38078 MPa              | 35,9125 MPa    |
| <i>3<sup>rd</sup> Principal Stress</i> | -51,4736 MPa              | 10,559 MPa     |
| <i>Safety Factor</i>                   | 7,74496                   | 15             |



**Gambar 4.14. Tegangan yang Terjadi pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. PQR**

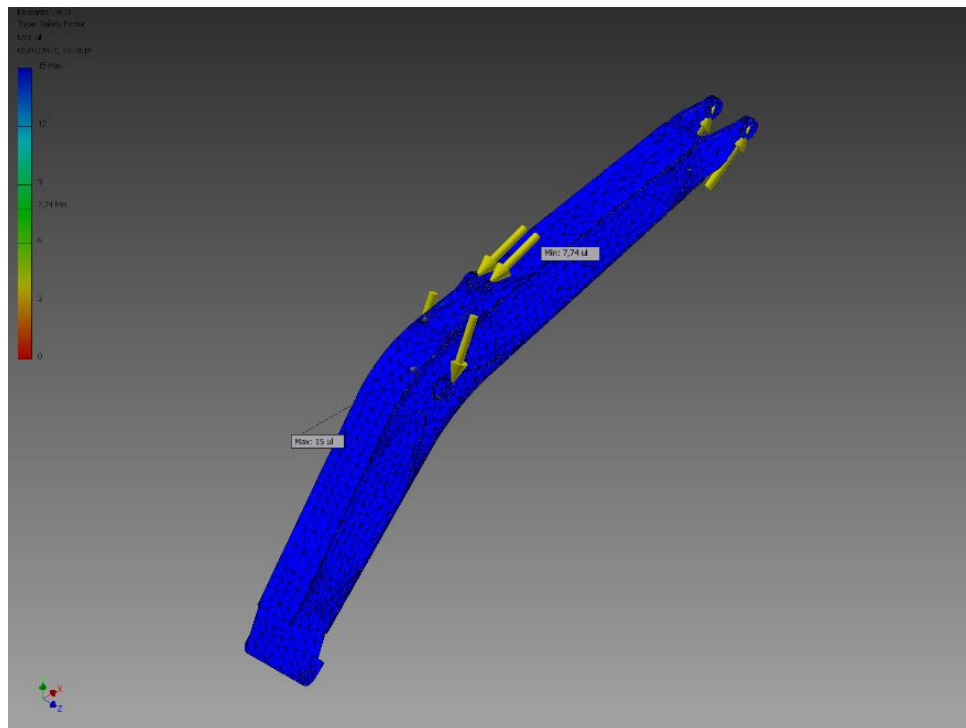
Dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa rangka tersebut mengalami tegangan maksimal terbesar 46,87 Mpa yang berada pada daerah yang ditunjukkan pada gambar analisis diatas yaitu pada sekitar *center boom*.

Berdasarkan standar ANSI MH29.1, faktor keamanan *boom excavator* kelas 20 ton dapat ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a) *Factor of safety* ( $n_s$ ) = 3
- b) Tegangan normal izin ( $\sigma_a$ ) =  $\frac{\text{yield strength}}{\text{factor safety}} = \frac{\sigma_y}{n_s} = \frac{363 \text{ MPa}}{3}$
- c) Tegangan geser izin ( $\tau_a$ ) =  $0.577 \times \sigma_a = 69,817 \text{ MPa}$
- d) Jika  $\tau_{max}$  yang terjadi  $\leq \tau_a$ , maka *boom excavator* aman.

**Tabel 4.7. Hasil Analisis Tegangan yang Terjadi pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. PQR**

| No. | Tegangan yang Terjadi<br>( <i>Von Misses Stress</i> ) | Tegangan yang Diizinkan | Keterangan |
|-----|---|-------------------------|------------|
| 1   | 46,87 MPa   | 69,817 MPa              | Aman       |
| 2   | 19,68 MPa   | 69,817 MPa              | Aman       |
| 3   | 21,46 MPa   | 69,817 MPa              | Aman       |
| 4   | 29,3 MPa  | 69,817 MPa              | Aman       |
| 5   | 27,34 MPa   | 69,817 MPa              | Aman       |
| 6   | 19,41 MPa   | 69,817 MPa              | Aman       |
| 7   | 0,04 MPa  | 69,817 MPa              | Aman       |



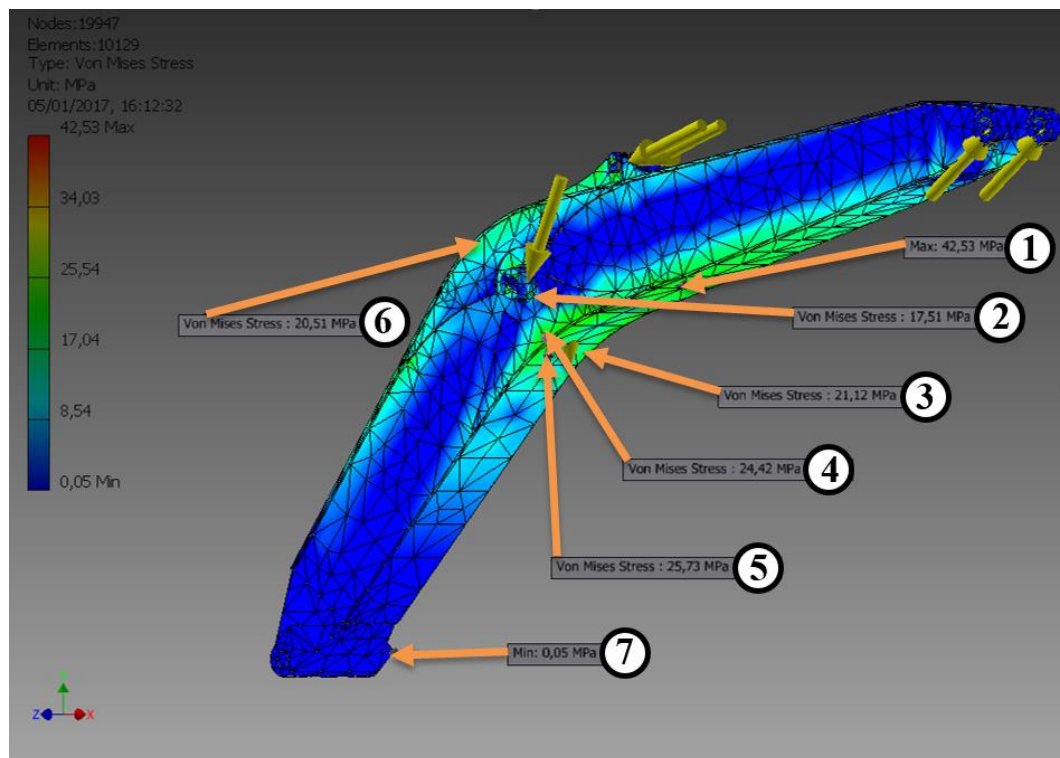
**Gambar 4.15. *Safety Factor* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. PQR**

Dalam proses analisis tekanan yang terjadi pada rangka, dihasilkan *factor of safety* (FS) minimum adalah 7,74 yang berada pada sekitar *center boom* dan maksimumnya adalah 15.

3. Hasil analisis dari *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ

**Tabel 4.8. Hasil Analisis dari Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ**

| <i>Name</i>                            | <i>Minimum</i>            | <i>Maximum</i> |
|--|---------------------------|----------------|
| <i>Volume</i>                          | 300384000 mm <sup>3</sup> |                |
| <i>Mass</i>                            | 2353.03 kg                |                |
| <i>Von Mises Stress</i>                | 0.050732 MPa              | 42.5292 MPa    |
| <i>1<sup>st</sup> Principal Stress</i> | -9.73229 MPa              | 34.9772 MPa    |
| <i>3<sup>rd</sup> Principal Stress</i> | -42.5733 MPa              | 14.838 MPa     |
| <i>Safety Factor</i>                   | 8.98691                   | 15             |



**Gambar 4.16. Tegangan yang Terjadi pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ**

Dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa rangka tersebut mengalami tegangan maksimal terbesar 42,53 Mpa yang berada pada daerah yang ditunjukkan pada gambar analisis diatas yaitu pada sekitar *center boom*.

Berdasarkan standar ANSI MH29.1, faktor keamanan *boom excavator* kelas 20 ton dapat ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut:

e) *Factor of safety* (  $n_s$  )  $= 3$

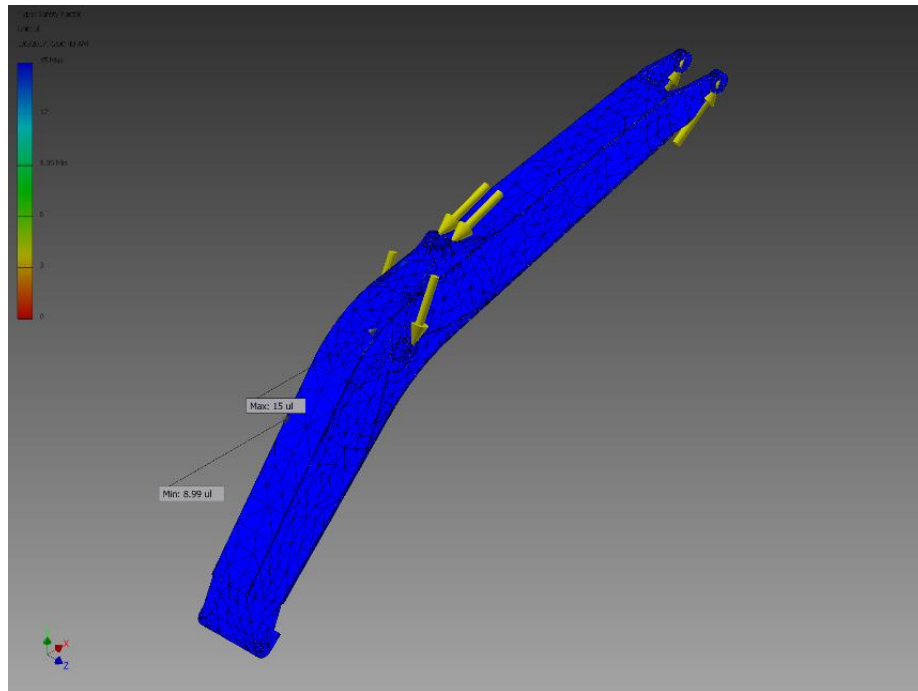
f) Tegangan normal izin (  $\sigma_a$  )  $= \frac{\text{yield strength}}{\text{factor safety}} = \frac{\sigma_y}{n_s} = \frac{363 \text{ MPa}}{3}$

g) Tegangan geser izin (  $\tau_a$  )  $= 0.577 \times \sigma_a = 69,817 \text{ MPa}$

h) Jika  $\tau_{max}$  yang terjadi  $\leq \tau_a$ , maka *boom excavator* aman.

**Tabel 4.9. Hasil Analisis Tegangan yang Terjadi pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ**

| No. | Tegangan yang Terjadi<br>( <i>Von Misses Stress</i> ) | Tegangan yang Diizinkan | Keterangan |
|-----|---|-------------------------|------------|
| 1   | 42,53 MPa   | 69,817 MPa              | Aman       |
| 2   | 17,51 MPa   | 69,817 Mpa              | Aman       |
| 3   | 21,12 MPa   | 69,817 Mpa              | Aman       |
| 4   | 24,42 MPa   | 69,817 Mpa              | Aman       |
| 5   | 25,73 MPa   | 69,817 Mpa              | Aman       |
| 6   | 20,51 MPa   | 69,817 Mpa              | Aman       |
| 7   | 0,05 MPa  | 69,817 MPa              | Aman       |

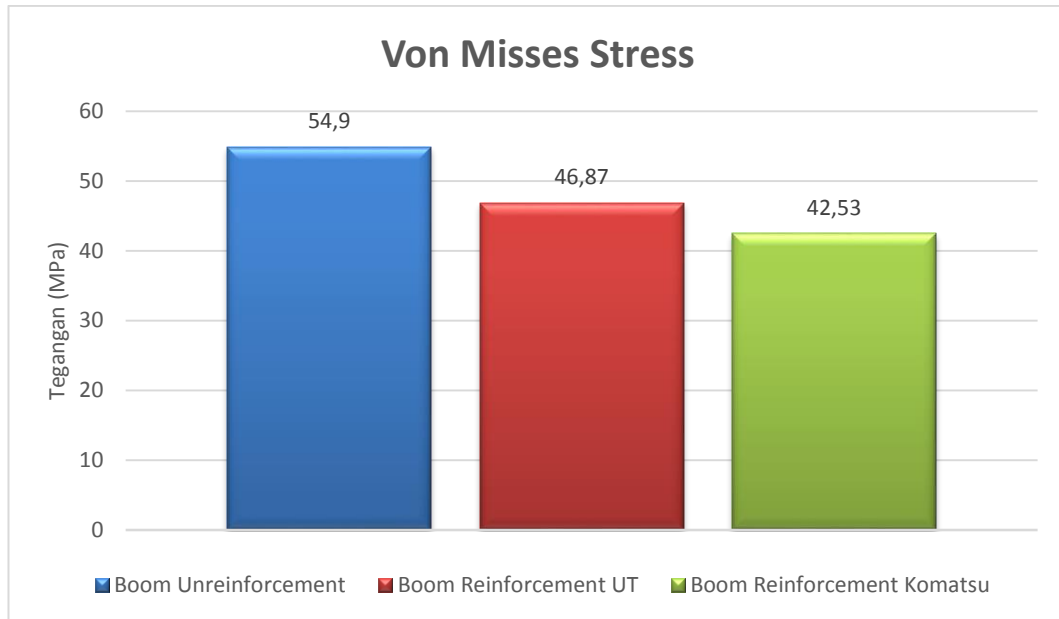


**Gambar 4.17. *Safety Factor* pada *Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ***

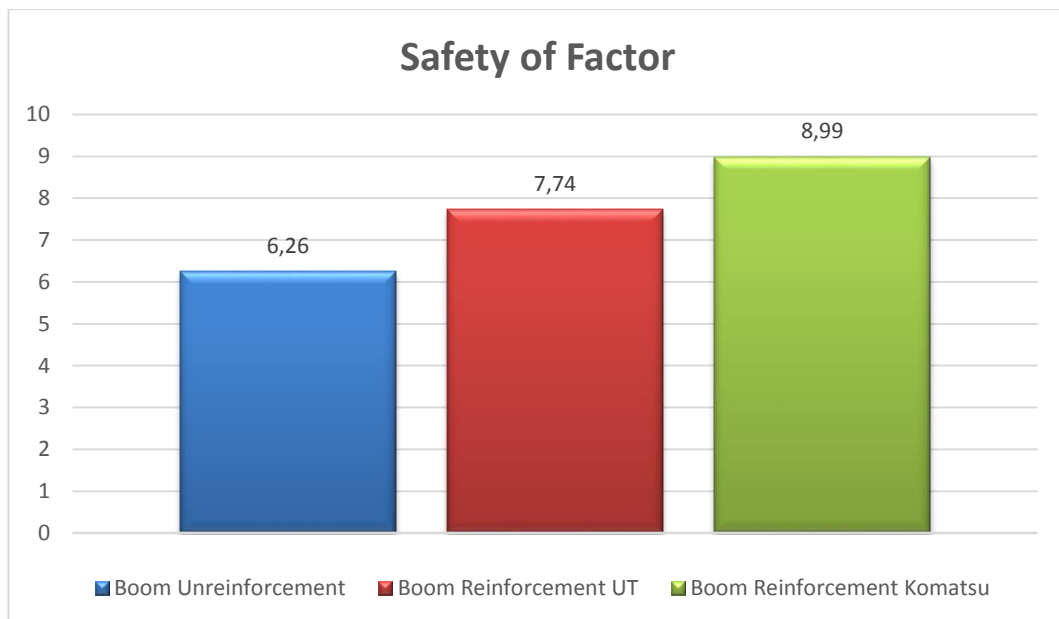
Dalam proses analisis tekanan yang terjadi pada rangka, dihasilkan *factor of safety* (FS) minimum adalah 8,99 yang berada pada sekitar *center boom* dan maksimumnya adalah 15.

**Tabel 4.10. Hasil Analisis dari Varian Model *Boom Excavator Kelas 20 Ton***

|  | <i>Boom Excavator Unreinforcement</i> |                 | <i>Boom Excavator Reinforcement Versi Engineer PT. PQR</i> |                | <i>Boom Excavator Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ</i> |                |
|--|---------------------------------------|-----------------|--|----------------|--|----------------|
|  | Min                                   | Max             | Min  | Max            | Min  | Max            |
| <b>Volume</b>                          | 289509000 mm <sup>3</sup>             |                 | 307034000 mm <sup>3</sup>                                  |                | 300384000 mm <sup>3</sup>                                  |                |
| <b>Mass</b>                            | 2267.85 kg                            |                 | 2405,12 kg   |                | 2353.03 kg   |                |
| <b>Von Mises Stress</b>                | 0.054371<br>4 MPa                     | 54,9<br>MPa     | 0,037949<br>4 MPa  | 46,8692<br>MPa | 0.05073<br>2 MPa   | 42.5292<br>MPa |
| <b>1<sup>st</sup> Principal Stress</b> | -10.8488<br>MPa                       | 44.398<br>8 MPa | -9,38078<br>MPa  | 35,9125<br>MPa | -9.73229<br>MPa  | 34.9772<br>MPa |
| <b>3<sup>rd</sup> Principal Stress</b> | -60.6102<br>MPa                       | 15.491<br>5 MPa | -51,4736<br>MPa  | 10,559<br>MPa  | -42.5733<br>MPa  | 14.838<br>MPa  |
| <b>Safety Factor</b>                   | 6.261                                 | 15              | 7,74496  | 15             | 8.98691  | 15             |



**Gambar 4.18. Grafik Perbandingan Tegangan yang Terjadi pada Varian Model *Boom Excavator* Kelas 20 Ton**



**Gambar 4.19. Grafik Perbandingan *Safety Factor* pada Varian Model *Boom Excavator* Kelas 20 Ton**

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa rangka *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement* mengalami tegangan maksimal terbesar 54,9 MPa, dan memiliki *safety of factor* sebesar 6,26. Rangka *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement*

versi *engineer* PT. PQR mengalami tegangan maksimal terbesar 46,87 MPa, dan memiliki *safety of factor* sebesar 7,74. Rangka *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ mengalami tegangan maksimal terbesar 42,53 MPa, dan memiliki *safety of factor* sebesar 8,99.

Dari hasil penghitungan dan analisis statis menggunakan *stress analysis* dengan perbandingan nilai *von misses stress* , dan *safety factor* pada rangka *boom excavator* kelas 20 ton, maka didapatkan kesimpulan bahwa rangka *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ adalah yang paling kuat dan aman.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dengan menggunakan *software Autodesk Inventor Professional 2015* yang penulis susun, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Tegangan maksimal yang terjadi pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *unreinforcement* yakni sebesar 54,9 MPa. Dan dihasilkan *factor of safety* minimum sebesar 6,26.
- b. Tegangan maksimal yang terjadi pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *enginner* PT. PQR yakni sebesar 46,87 MPa. Dan dihasilkan *factor of safety* minimum sebesar 7,74496.
- c. Tegangan maksimal yang terjadi pada desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ yakni sebesar 42,53 MPa. Dan dihasilkan *factor of safety* minimum sebesar 8,99.
- d. Berdasarkan hasil perbandingan analisis tegangan pada desain *boom excavator* kelas 20 ton menggunakan *software Autodesk Inventor Professional 2015*, didapatkan hasil desain *boom excavator* kelas 20 ton *reinforcement* versi *engineer* PT. XYZ adalah yang paling kuat dan aman.

## 5.2. Saran

Di dalam penganalisisan suatu struktur dengan menggunakan *software Autodesk Inventor Professional 2015* terdapat beberapa saran yang harus diperhatikan untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih baik, yaitu:

- a. Pada pengujian selanjutnya hendaknya menambahkan pengecekan secara visual menggunakan metode *non destructive test* (NDT) untuk pembanding sehingga didapatkan data dan hasil yang lebih akurat.
- b. Menggunakan jenis material yang berbeda.
- c. Dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi bentuk, tebal, dan material *reinforcement* yang lebih variatif lagi untuk mendapatkan desain yang lebih kuat dan aman.
- d. Menggunakan *software* selain *Autodesk Inventor Professional 2015* untuk mendapatkan hasil yang lebih variatif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alchazin, Syaiful A. B. 2011. *Modul Training Autodesk Inventor 2012*. Bogor: LAPAN.
- Dietmar, Gross., Werner, Hauger., Jorg, Schroder., Wolfgang, A.Wall., and Javier, Bonet. (2011). *Engineering Mechanics 2 : Mechanics of Materials*. New York : Springer
- [FT] Fakultas Teknik. 2015. *Buku Panduan Penyusunan Skripsi dan Non Skripsi*. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- Harsokoesoemo, Darmawan. 2000. *Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi DePartemen Pendidikan Nasional.
- Hidayat, Nur dkk. *Autodesk Inventor Mastering 3D Mechanical Design*. Bandung: Informatika, 2011.
- Popov, E. P. 1996. *Mechanics of Materials*. Terjemahan oleh Astamar, Zainul. Jakarta: Erlangga.
- Robert L, Mott. 2004. *Machine Elements In Mechanical Design fourth edition*. Ohio: Upper Saddle River.
- Septyabudi, Prayogo. 2013. *Meningkatkan Kualitas Boom Casting Unit Hydraulic Excavator Kelas 13 Ton Pada Produksi Alat Berat di PT. XYZ [skripsi]*. Jakarta: Teknik Industri Ekstensi Astra, Binus.
- Susatio, Yerri. 2004. *Dasar Dasar Metode Elemen Hingga*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- <http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2015/ENU/?guid=GUID-84D01561-FD7F-4F17-A625-C86F412BE370> diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 14.45 WIB.
- <http://learnmine.blogspot.co.id/2013/04/terbesar-produsen-peralatan-konstruksi.html> diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 10.45 WIB.
- <http://lib.unnes.ac.id/20394/1/5201410037-s.pdf> diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 17.45 WIB.
- <http://www.komatsu.eu/komatsu-attachments-hydraulic-breakers.asp> diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 12.45 WIB.
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Stress\\_\(mechanics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Stress_(mechanics)) diakses pada tanggal 11 April 2016, pukul 16.45 WIB.

## LAMPIRAN

### *Stress Analysis Report Boom Excavator Kelas 20 Ton Unreinforcement*



|                            |   |
|----------------------------|---|
| Analyzed File:             | BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON UNREINFORCEMENT.ipt |
| Autodesk Inventor Version: | 2015 (Build 190159000, 159)                     |
| Creation Date:             | 1/5/2017, 8:53 PM                               |
| Simulation Author:         | Aditya Anggun Wijaya                            |
| Summary:                   |   |

---

#### ☐ Project Info (iProperties)

##### ☐ Summary

|        |                      |
|--------|----------------------|
| Author | Aditya Anggun Wijaya |
|--------|----------------------|

##### ☐ Project

|              |   |
|--------------|---|
| Part Number  | BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON UNREINFORCEMENT |
| Designer     | Aditya Anggun Wijaya                        |
| Cost         | \$0.00                                      |
| Date Created | 1/5/2017                                    |

##### ☐ Status

|               |                |
|---------------|----------------|
| Design Status | WorkInProgress |
|---------------|----------------|

##### ☐ Physical

|                   |   |
|-------------------|---|
| Material          | JIS SM 50 YA                                      |
| Density           | 7.83341 g/cm <sup>3</sup>                         |
| Mass              | 2267.85 kg  |
| Area              | 23193700 mm <sup>2</sup>                          |
| Volume            | 289509000 mm <sup>3</sup>                         |
| Center of Gravity | x=1776.91 mm<br>y=1467.35 mm<br>z=0.0000022196 mm |

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

---

## ☐ **Simulation:1**

### **General objective and settings:**

|                                       |                   |
|---------------------------------------|-------------------|
| Design Objective                      | Single Point      |
| Simulation Type                       | Static Analysis   |
| Last Modification Date                | 1/5/2017, 8:51 PM |
| Detect and Eliminate Rigid Body Modes | No                |

### **Mesh settings:**

|  |        |
|--|--------|
| Avg. Element Size (fraction of model diameter) | 0.1    |
| Min. Element Size (fraction of avg. size)      | 0.2    |
| Grading Factor                                 | 1.5    |
| Max. Turn Angle                                | 60 deg |
| Create Curved Mesh Elements                    | Yes    |

## ☐ **Material(s)**

|              |   |                           |
|--------------|---|---------------------------|
| Name         | JIS SM 50 YA                                |                           |
| General      | Mass Density                                | 7.83341 g/cm <sup>3</sup> |
|              | Yield Strength                              | 363 MPa                   |
|              | Ultimate Tensile Strength                   | 490 MPa                   |
| Stress       | Young's Modulus                             | 200 GPa                   |
|              | Poisson's Ratio                             | 0.287                     |
|              | Shear Modulus                               | 77.7001 GPa               |
| Part Name(s) | BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON UNREINFORCEMENT |                           |

## ☐ **Operating conditions**

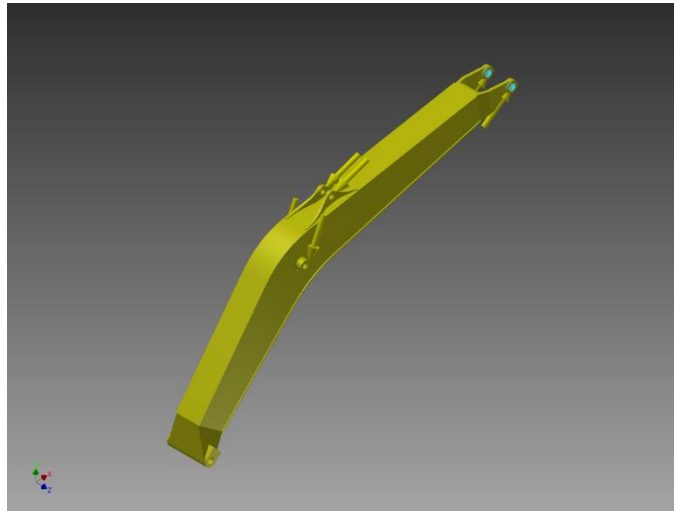
### ☐ **Gravity**

|           |                             |
|-----------|-----------------------------|
| Load Type | Gravity                     |
| Magnitude | 9810,000 mm/s <sup>2</sup>  |
| Vector X  | 0,000 mm/s <sup>2</sup>     |
| Vector Y  | -9810,000 mm/s <sup>2</sup> |
| Vector Z  | 0,000 mm/s <sup>2</sup>     |

☐ **Force:1**

|           |              |
|-----------|--------------|
| Load Type | Force        |
| Magnitude | 111687.001 N |
| Vector X  | 89138.515 N  |
| Vector Y  | 67292.728 N  |
| Vector Z  | 0.000 N      |

☐ **Selected Face(s)**

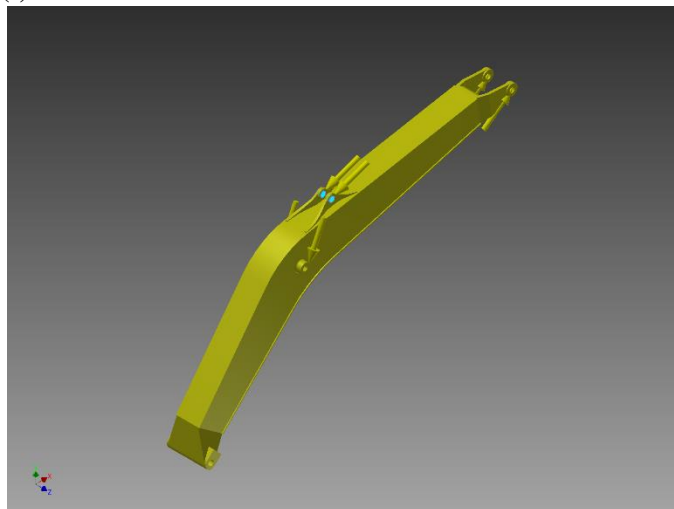


**Gambar 1. Pemberian Beban (*Force 1*) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement***

☐ **Force:2**

|           |              |
|-----------|--------------|
| Load Type | Force        |
| Magnitude | 94165.000 N  |
| Vector X  | -88367.520 N |
| Vector Y  | -32530.425 N |
| Vector Z  | 0.000 N      |

☐ **Selected Face(s)**

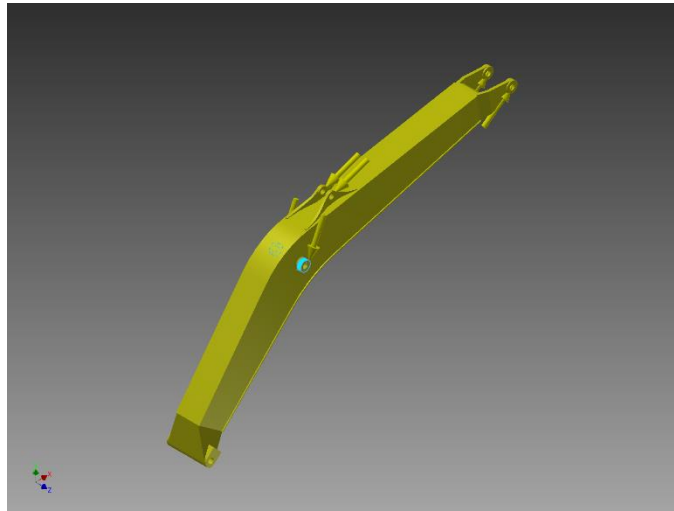


**Gambar 2. Pemberian Beban (*Force 2*) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement***

### ☐ Force:3

|           |               |
|-----------|---------------|
| Load Type | Force         |
| Magnitude | 336842.440 N  |
| Vector X  | -141929.373 N |
| Vector Y  | -305481.395 N |
| Vector Z  | 0.000 N       |

### ☐ Selected Face(s)

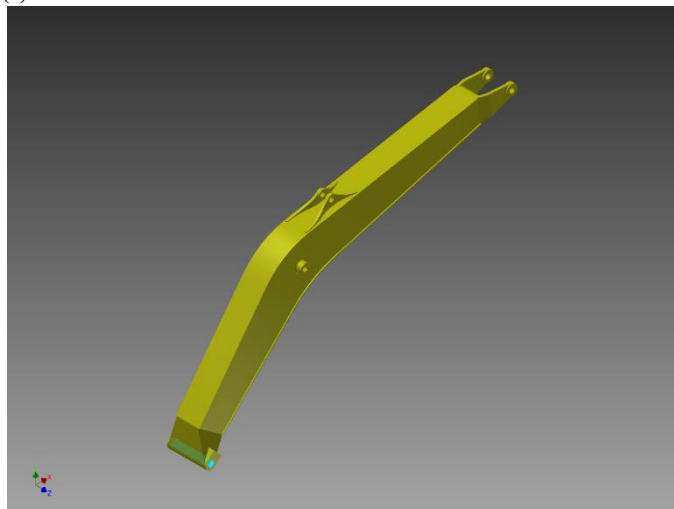


**Gambar 3. Pemberian Beban (*Force 3*) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement***

### ☐ Pin Constraint:1

|                          |                |
|--------------------------|----------------|
| Constraint Type          | Pin Constraint |
| Fix Radial Direction     | Yes            |
| Fix Axial Direction      | Yes            |
| Fix Tangential Direction | No             |

### ☐ Selected Face(s)

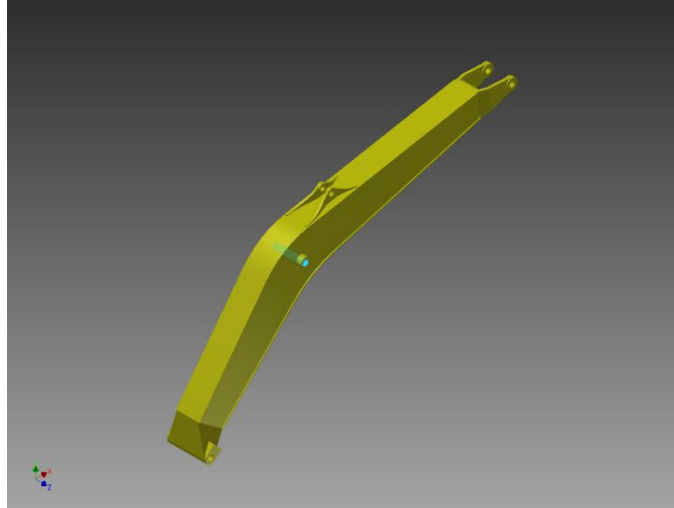


**Gambar 4. Penentuan Lokasi *Pin 1* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton *Unreinforcement***

### ☐ Pin Constraint:2

| Constraint Type          | Pin Constraint |
|--------------------------|----------------|
| Fix Radial Direction     | Yes            |
| Fix Axial Direction      | Yes            |
| Fix Tangential Direction | No             |

### ☐ Selected Face(s)



**Gambar 5. Penentuan Lokasi Pin 2 pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Unreinforcement**

### ☐ Results

#### ☐ Reaction Force and Moment on Constraints

| Constraint Name  | Reaction Force |                   | Reaction Moment |                   |
|------------------|----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
|                  | Magnitude      | Component (X,Y,Z) | Magnitude       | Component (X,Y,Z) |
| Pin Constraint:1 | 115849 N       | -3261.68 N        | 146.369 N m     | 138.533 N m       |
|                  |                | 115803 N          |                 | 47.2487 N m       |
|                  |                | 0 N               |                 | 0 N m             |
| Pin Constraint:2 | 211778 N       | 144355 N          | 140.963 N m     | -88.1476 N m      |
|                  |                | 154957 N          |                 | -110.002 N m      |
|                  |                | 0 N               |                 | 0 N m             |

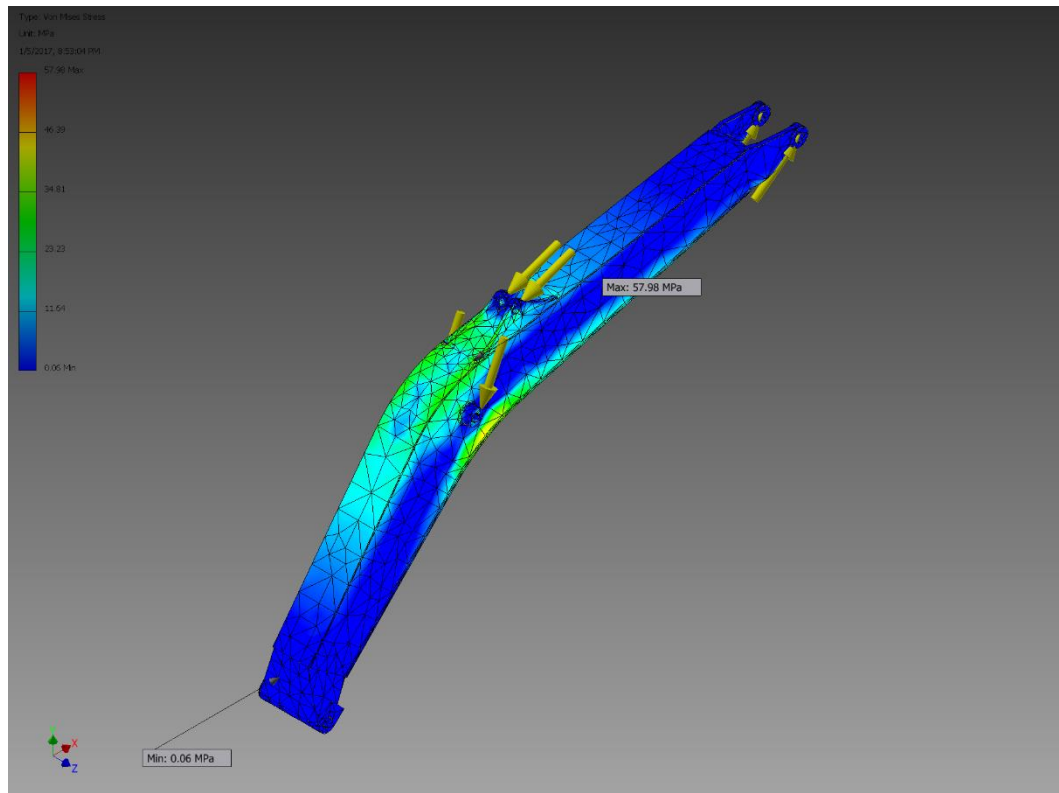
### ☐ Result Summary

| Name                 | Minimum                   | Maximum     |
|----------------------|---------------------------|-------------|
| Volume               | 289509000 mm <sup>3</sup> |             |
| Mass                 | 2267.85 kg                |             |
| Von Mises Stress     | 0.0543714 MPa             | 54,9 MPa    |
| 1st Principal Stress | -10.8488 MPa              | 44.3988 MPa |
| 3rd Principal Stress | -60.6102 MPa              | 15.4915 MPa |
| Displacement         | 0.00804406 mm             | 4.2807 mm   |
| Safety Factor        | 6.261                     | 15          |
| Stress XX            | -43.1506 MPa              | 43.8547 MPa |



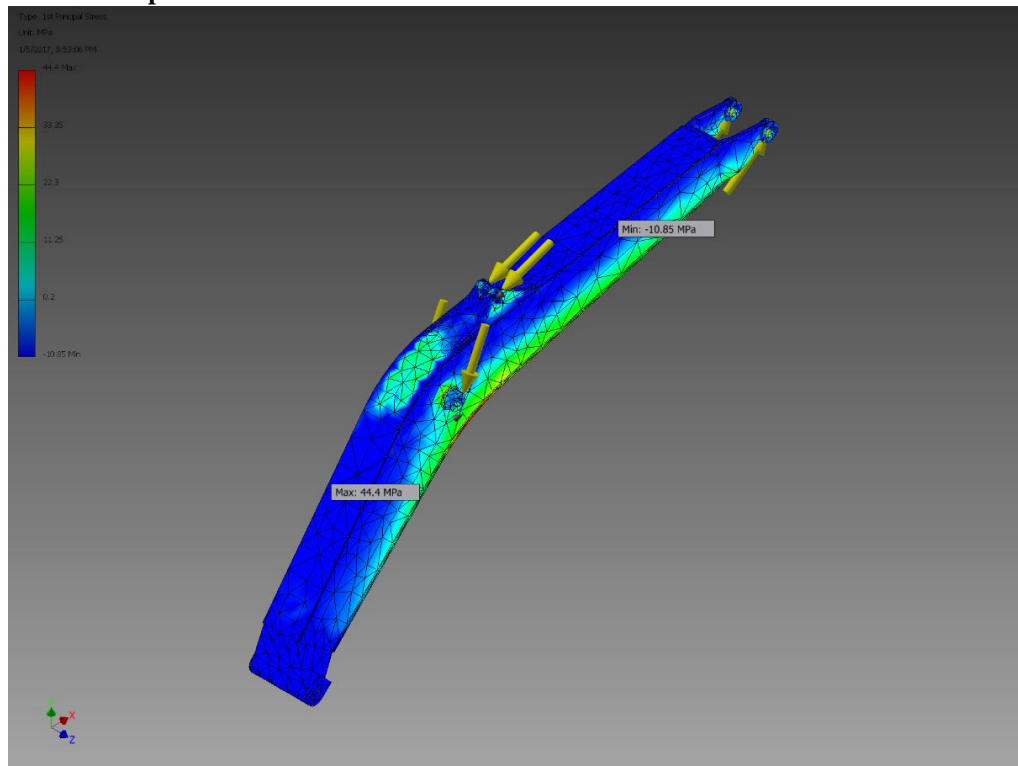
|                      |                |               |
|----------------------|----------------|---------------|
| Stress XY            | -29.0962 MPa   | 22.8594 MPa   |
| Stress XZ            | -12.2704 MPa   | 11.5099 MPa   |
| Stress YY            | -40.1521 MPa   | 37.0975 MPa   |
| Stress YZ            | -12.4138 MPa   | 12.4972 MPa   |
| Stress ZZ            | -27.1571 MPa   | 22.6666 MPa   |
| X Displacement       | -1.04536 mm    | 0.210474 mm   |
| Y Displacement       | -0.158858 mm   | 4.19416 mm    |
| Z Displacement       | -0.0811135 mm  | 0.0782988 mm  |
| Equivalent Strain    | 0.000000250566 | 0.000257544   |
| 1st Principal Strain | -0.00000477867 | 0.000210151   |
| 3rd Principal Strain | -0.000294531   | 0.00000106356 |
| Strain XX            | -0.000190034   | 0.000177213   |
| Strain XY            | -0.000187234   | 0.0001471     |
| Strain XZ            | -0.0000789599  | 0.0000740664  |
| Strain YY            | -0.000173131   | 0.000149726   |
| Strain YZ            | -0.0000798825  | 0.0000804195  |
| Strain ZZ            | -0.000137066   | 0.000115444   |

#### Von Mises Stress



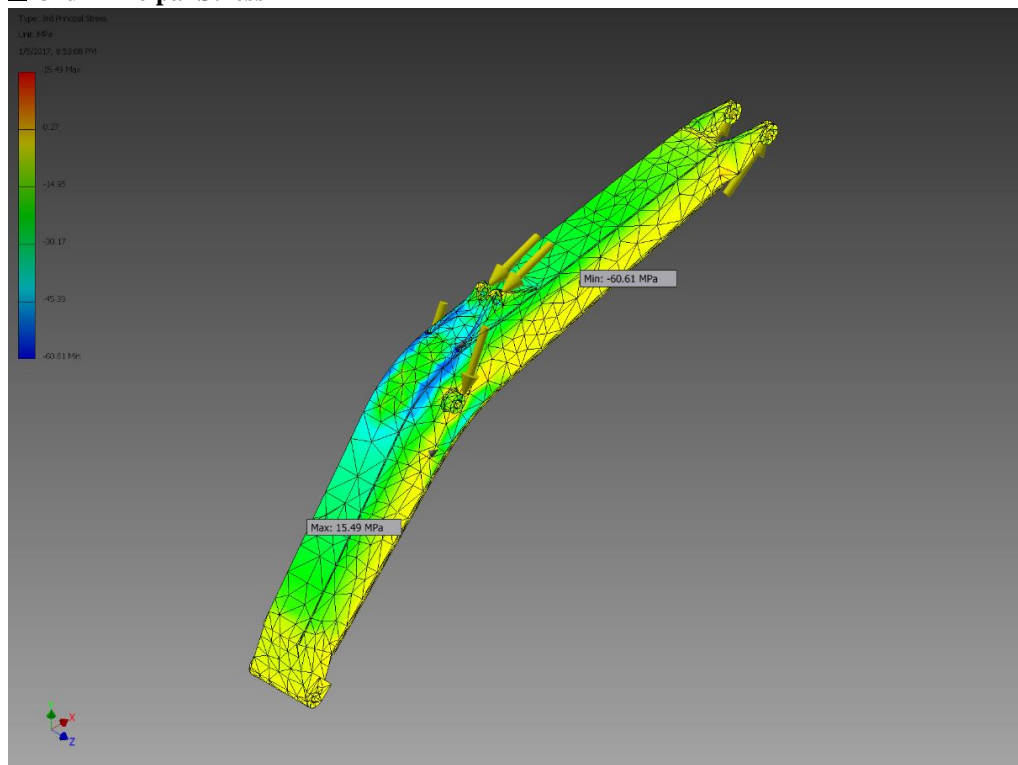
**Gambar 6. Von Mises Stress pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Unreinforcement**

### ☐ 1st Principal Stress



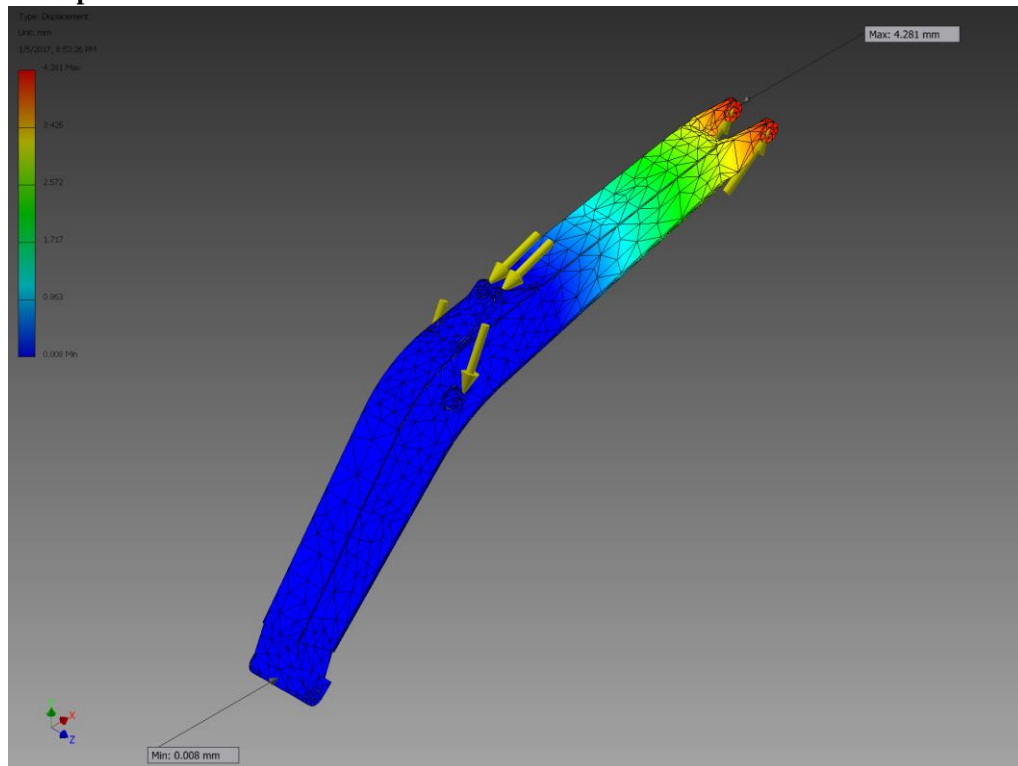
**Gambar 7. 1st Principal Stress pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Unreinforcement**

### ☐ 3rd Principal Stress



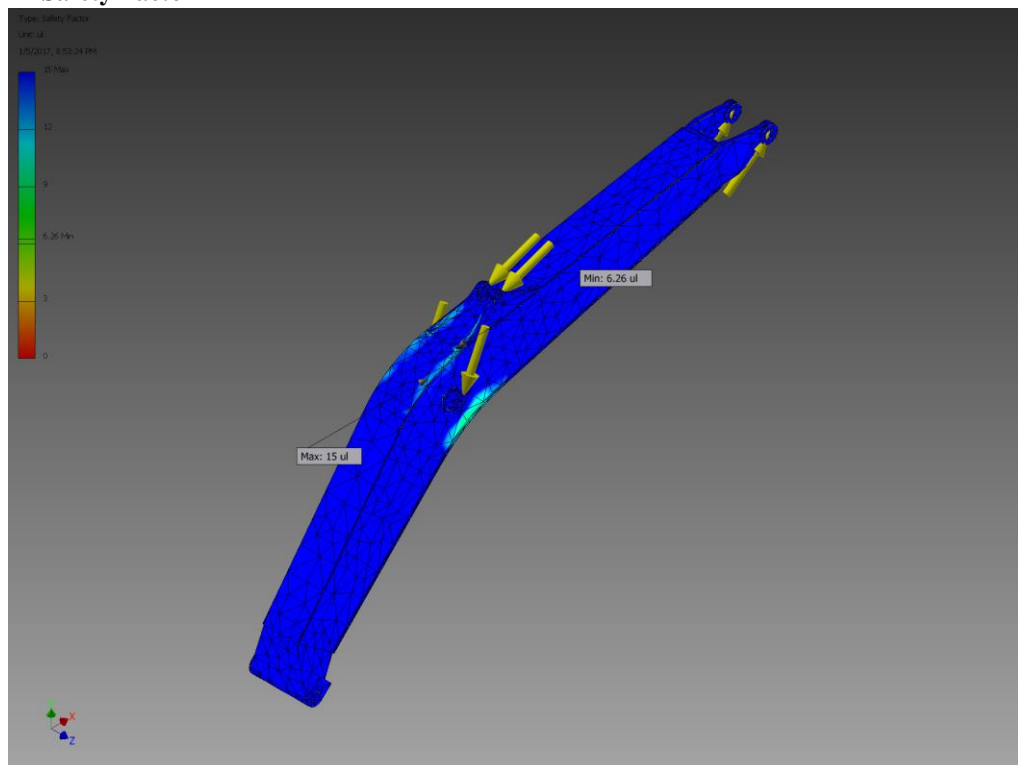
**Gambar 8. 3rd Principal Stress pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Unreinforcement**

### Displacement



**Gambar 9. Displacement pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Unreinforcement**

### Safety Factor



**Gambar 10. Safety Factor pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Unreinforcement**

***Stress Analysis Report Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. PQR***



|                            |   |
|----------------------------|---|
| Analyzed File:             | BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI PT. PQR.ipt |
| Autodesk Inventor Version: | 2015 SP1 (Build 190203100, 203)                             |
| Creation Date:             | 05/01/2017, 15:19   |
| Simulation Author:         | Aditya Anggun Wijaya  |
| Summary:                   |   |

---

**[-] Project Info (iProperties)**

**[-] Summary**

|        |                      |
|--------|----------------------|
| Author | Aditya Anggun Wijaya |
|--------|----------------------|

**[-] Project**

|              |   |
|--------------|---|
| Part Number  | BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI PT. PQR |
| Designer     | Aditya Anggun Wijaya                                    |
| Cost         | Rp0   |
| Date Created | 05/01/2017  |

**[-] Status**

|               |                |
|---------------|----------------|
| Design Status | WorkInProgress |
|---------------|----------------|

**[-] Physical**

|                   |   |
|-------------------|---|
| Material          | JIS SM 50 YA                                      |
| Density           | 7,83341 g/cm <sup>3</sup>                         |
| Mass              | 2405,12 kg  |
| Area              | 23219800 mm <sup>2</sup>                          |
| Volume            | 307034000 mm <sup>3</sup>                         |
| Center of Gravity | x=1769,55 mm<br>y=1484,4 mm<br>z=0,00000209497 mm |

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

---

## ☐ **Simulation:1**

### **General objective and settings:**

|                                       |                   |
|---------------------------------------|-------------------|
| Design Objective                      | Single Point      |
| Simulation Type                       | Static Analysis   |
| Last Modification Date                | 05/01/2017, 15:06 |
| Detect and Eliminate Rigid Body Modes | No                |

### **Mesh settings:**

|  |        |
|--|--------|
| Avg. Element Size (fraction of model diameter) | 0,1    |
| Min. Element Size (fraction of avg. size)      | 0,2    |
| Grading Factor                                 | 1,5    |
| Max. Turn Angle                                | 60 deg |
| Create Curved Mesh Elements                    | Yes    |

## ☐ **Material(s)**

|              |   |                           |
|--------------|---|---------------------------|
| Name         | JIS SM 50 YA  |                           |
| General      | Mass Density  | 7,83341 g/cm <sup>3</sup> |
|              | Yield Strength  | 363 MPa                   |
|              | Ultimate Tensile Strength                               | 490 MPa                   |
| Stress       | Young's Modulus   | 200 GPa                   |
|              | Poisson's Ratio   | 0,287                     |
|              | Shear Modulus   | 77,7001 GPa               |
| Part Name(s) | BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI PT. PQR |                           |

## ☐ **Operating conditions**

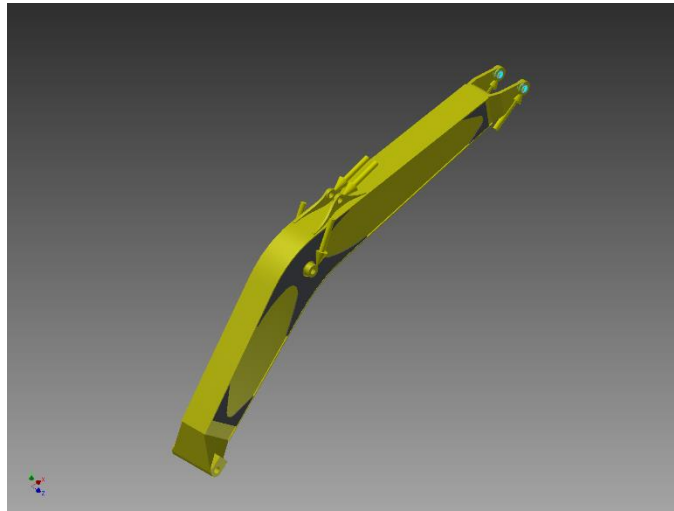
### ☐ **Gravity**

|           |                             |
|-----------|-----------------------------|
| Load Type | Gravity                     |
| Magnitude | 9810,000 mm/s <sup>2</sup>  |
| Vector X  | 0,000 mm/s <sup>2</sup>     |
| Vector Y  | -9810,000 mm/s <sup>2</sup> |
| Vector Z  | 0,000 mm/s <sup>2</sup>     |

☐ **Force:1**

|           |              |
|-----------|--------------|
| Load Type | Force        |
| Magnitude | 111687,001 N |
| Vector X  | 89138,515 N  |
| Vector Y  | 67292,728 N  |
| Vector Z  | 0,000 N      |

☐ **Selected Face(s)**

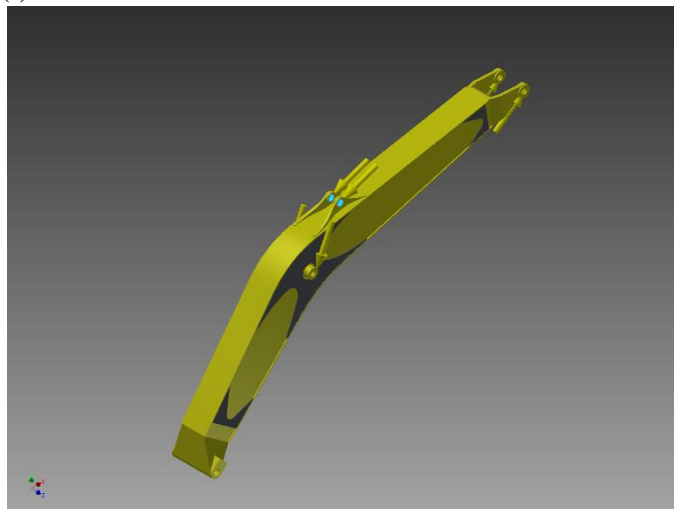


**Gambar 1. Pemberian Beban (*Force 1*) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. PQR**

☐ **Force:2**

|           |              |
|-----------|--------------|
| Load Type | Force        |
| Magnitude | 94165,000 N  |
| Vector X  | -88367,520 N |
| Vector Y  | -32530,425 N |
| Vector Z  | 0,000 N      |

☐ **Selected Face(s)**

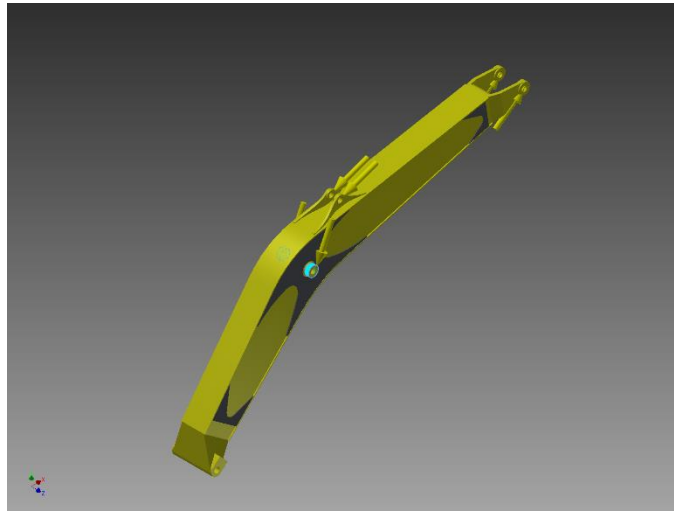


**Gambar 2. Pemberian Beban (*Force 2*) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. PQR**

☐ **Force:3**

|           |               |
|-----------|---------------|
| Load Type | Force         |
| Magnitude | 336842,440 N  |
| Vector X  | -141929,373 N |
| Vector Y  | -305481,395 N |
| Vector Z  | 0,000 N       |

☐ **Selected Face(s)**



**Gambar 3. Pemberian Beban (*Force 3*) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. PQR**

☐ **Pin Constraint:1**

|                          |                |
|--------------------------|----------------|
| Constraint Type          | Pin Constraint |
| Fix Radial Direction     | Yes            |
| Fix Axial Direction      | Yes            |
| Fix Tangential Direction | No             |

☐ **Selected Face(s)**



**Gambar 4. Penentuan Lokasi *Pin 1* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. PQR**

### ☐ Pin Constraint:2

| Constraint Type          | Pin Constraint |
|--------------------------|----------------|
| Fix Radial Direction     | Yes            |
| Fix Axial Direction      | Yes            |
| Fix Tangential Direction | No             |

### ☐ Selected Face(s)



**Gambar 5. Penentuan Lokasi Pin 2 pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. PQR**

### ☐ Results

#### ☐ Reaction Force and Moment on Constraints

| Constraint Name  | Reaction Force |                   | Reaction Moment |                   |
|------------------|----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
|                  | Magnitude      | Component (X,Y,Z) | Magnitude       | Component (X,Y,Z) |
| Pin Constraint:1 | 122858 N       | 4661,67 N         | 117,198 N m     | 59,2496 N m       |
|                  |                | 122770 N          |                 | -101,118 N m      |
|                  |                | 0 N               |                 | 0 N m             |
| Pin Constraint:2 | 219231 N       | 136520 N          | 89,0771 N m     | 89,0771 N m       |
|                  |                | 171536 N          |                 | 0 N m             |
|                  |                | 0 N               |                 | 0 N m             |

### ☐ Result Summary

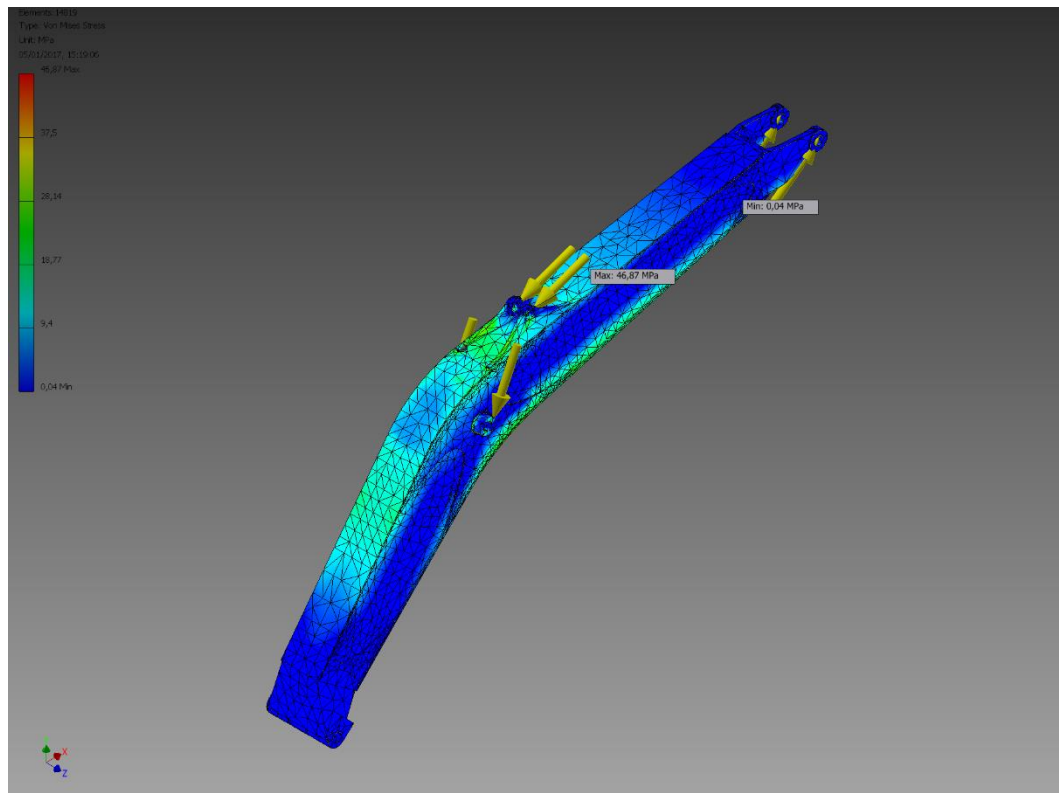
| Name                 | Minimum                   | Maximum     |
|----------------------|---------------------------|-------------|
| Volume               | 307034000 mm <sup>3</sup> |             |
| Mass                 | 2405,12 kg                |             |
| Von Mises Stress     | 0,0379494 MPa             | 46,8692 MPa |
| 1st Principal Stress | -9,38078 MPa              | 35,9125 MPa |
| 3rd Principal Stress | -51,4736 MPa              | 10,559 MPa  |
| Displacement         | 0,0068001 mm              | 3,52775 mm  |
| Safety Factor        | 7,74496                   | 15          |
| Stress XX            | -33,9913 MPa              | 32,1399 MPa |



|                      |                |              |
|----------------------|----------------|--------------|
| Stress XY            | -22,0938 MPa   | 13,6421 MPa  |
| Stress XZ            | -11,8651 MPa   | 13,8685 MPa  |
| Stress YY            | -35,6349 MPa   | 30,6832 MPa  |
| Stress YZ            | -10,6054 MPa   | 11,4216 MPa  |
| Stress ZZ            | -23,1035 MPa   | 22,4808 MPa  |
| X Displacement       | -0,851882 mm   | 0,146851 mm  |
| Y Displacement       | -0,136001 mm   | 3,45855 mm   |
| Z Displacement       | -0,0560581 mm  | 0,0542946 mm |
| Equivalent Strain    | 0,000000167912 | 0,000210433  |
| 1st Principal Strain | -0,00000482584 | 0,00017392   |
| 3rd Principal Strain | -0,000242518   | 0,0000039138 |
| Strain XX            | -0,000141614   | 0,000147596  |
| Strain XY            | -0,000142174   | 0,0000877869 |
| Strain XZ            | -0,0000763516  | 0,0000892439 |
| Strain YY            | -0,00014264    | 0,000142269  |
| Strain YZ            | -0,0000682455  | 0,0000734977 |
| Strain ZZ            | -0,000120064   | 0,0000867053 |

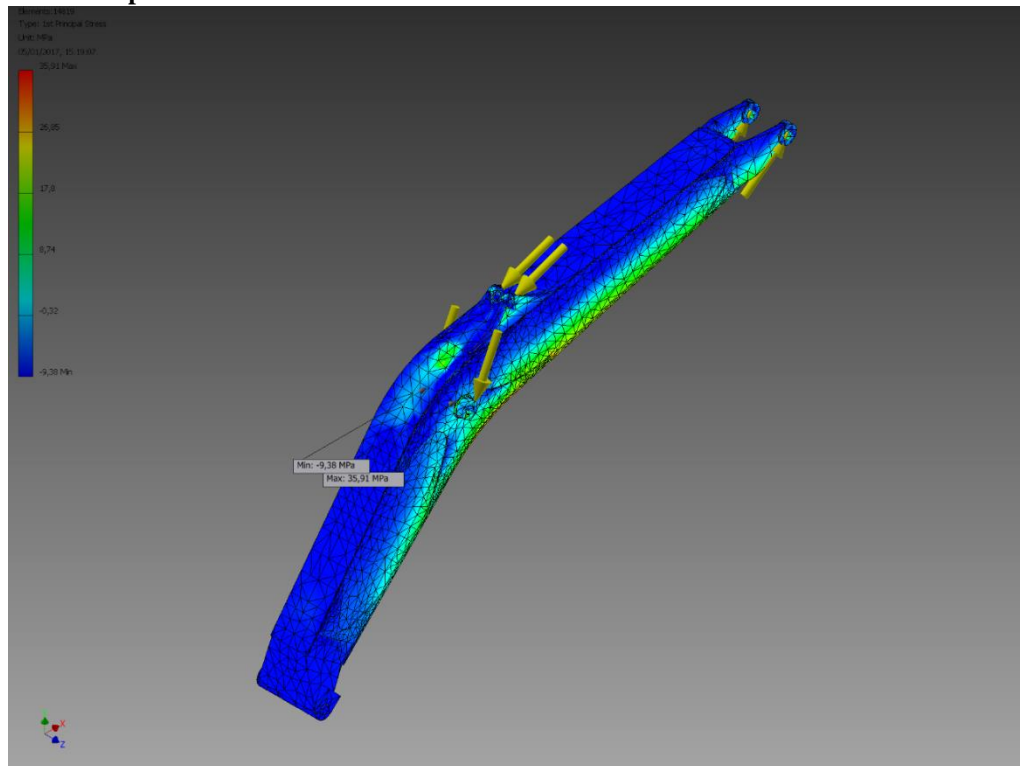
## Figures

### Von Mises Stress



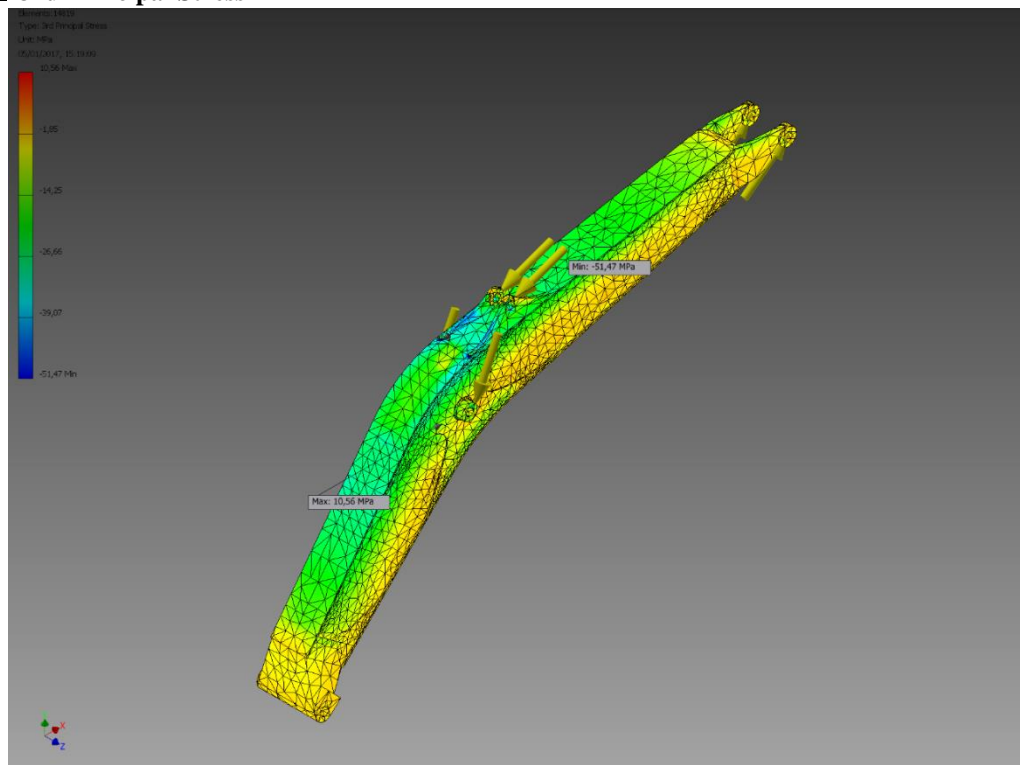
**Gambar 6. Von Mises Stress pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. PQR**

### ☐ 1st Principal Stress



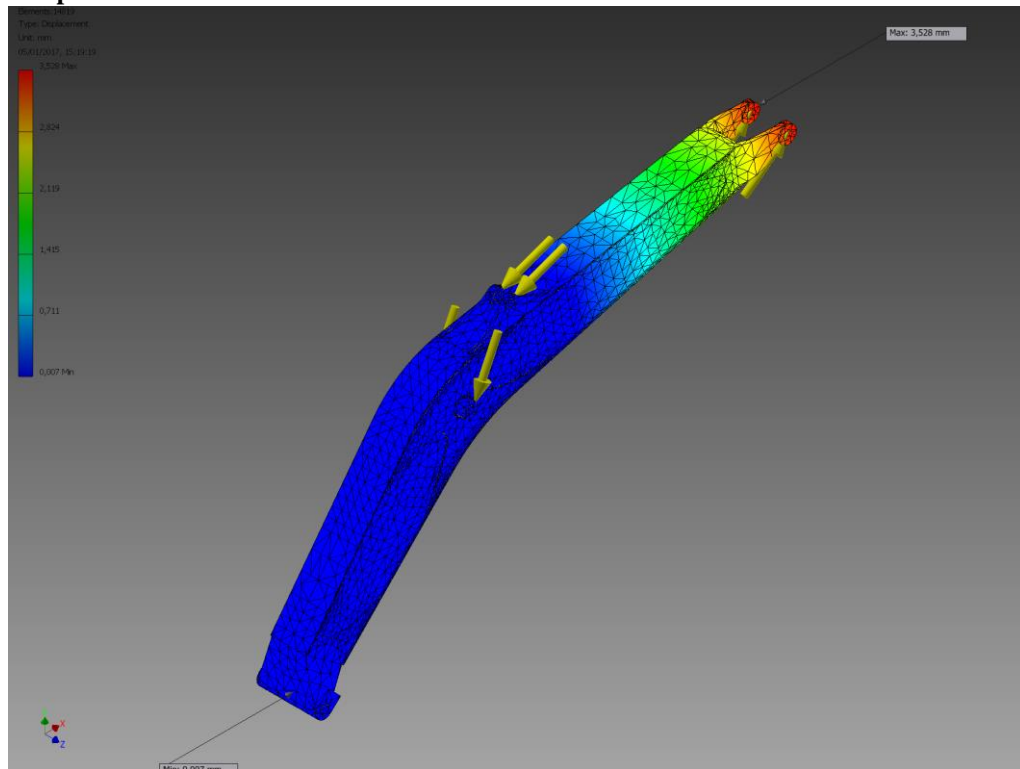
**Gambar 7. 1st Principal Stress pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. PQR**

### ☐ 3rd Principal Stress



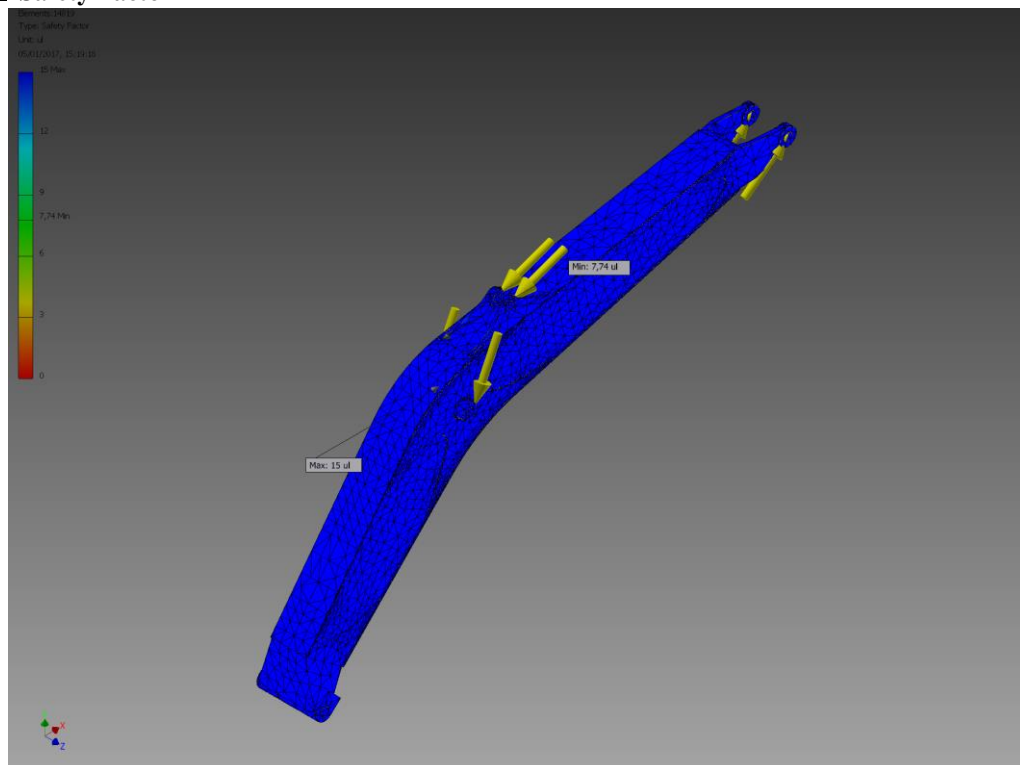
**Gambar 8. 3rd Principal Stress pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. PQR**

### Displacement



**Gambar 9. Displacement pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. PQR**

### Safety Factor



**Gambar 10. Safety Factor pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. PQR**

***Stress Analysis Report Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ***



|                            |  |
|----------------------------|--|
| Analyzed File:             | BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI ENGINEER PT. XYZ.ipt |
| Autodesk Inventor Version: | 2015 (Build 190159000, 159)  |
| Creation Date:             | 1/6/2017, 6:00 AM  |
| Simulation Author:         | Aditya Anggun Wijaya   |
| Summary:                   |  |

---

**☐ Project Info (iProperties)**

**☐ Summary**

|        |                      |
|--------|----------------------|
| Author | Aditya Anggun Wijaya |
|--------|----------------------|

**☐ Project**

|              |  |
|--------------|--|
| Part Number  | BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI ENGINEER PT. XYZ |
| Designer     | Aditya Anggun Wijaya   |
| Cost         | \$0.00   |
| Date Created | 1/5/2017   |

**☐ Status**

|               |                |
|---------------|----------------|
| Design Status | WorkInProgress |
|---------------|----------------|

**☐ Physical**

|                   |  |
|-------------------|--|
| Material          | JIS SM 50 YA                                       |
| Density           | 7.83341 g/cm <sup>3</sup>                          |
| Mass              | 2353.03 kg   |
| Area              | 23206100 mm <sup>2</sup>                           |
| Volume            | 300384000 mm <sup>3</sup>                          |
| Center of Gravity | x=1769.62 mm<br>y=1482.42 mm<br>z=0.00000214139 mm |

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

---

## ☐ **Simulation:1**

### **General objective and settings:**

|                                       |                   |
|---------------------------------------|-------------------|
| Design Objective                      | Single Point      |
| Simulation Type                       | Static Analysis   |
| Last Modification Date                | 1/6/2017, 6:00 AM |
| Detect and Eliminate Rigid Body Modes | No                |

### **Mesh settings:**

|  |        |
|--|--------|
| Avg. Element Size (fraction of model diameter) | 0.1    |
| Min. Element Size (fraction of avg. size)      | 0.2    |
| Grading Factor                                 | 1.5    |
| Max. Turn Angle                                | 60 deg |
| Create Curved Mesh Elements                    | Yes    |

## ☐ **Material(s)**

|              |  |                           |
|--------------|--|---------------------------|
| Name         | JIS SM 50 YA   |                           |
| General      | Mass Density   | 7.83341 g/cm <sup>3</sup> |
|              | Yield Strength   | 363 MPa                   |
|              | Ultimate Tensile Strength  | 490 MPa                   |
| Stress       | Young's Modulus  | 200 GPa                   |
|              | Poisson's Ratio  | 0.287 ul                  |
|              | Shear Modulus  | 77.7001 GPa               |
| Part Name(s) | BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT VERSI ENGINEER PT. XYZ |                           |

## ☐ **Operating conditions**

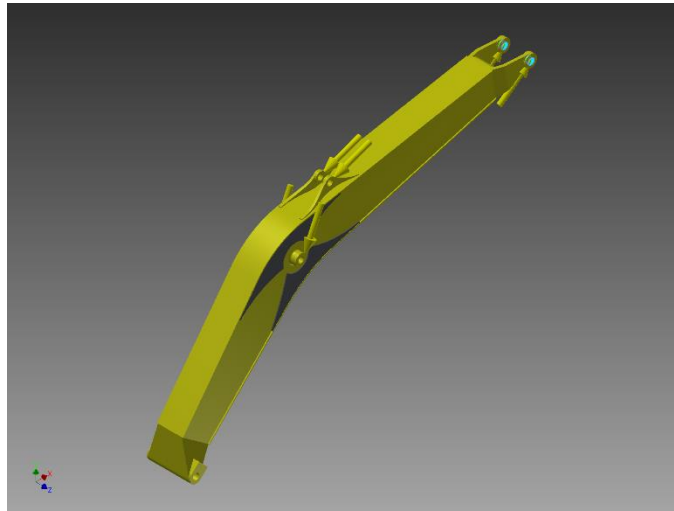
### ☐ **Gravity**

|           |                             |
|-----------|-----------------------------|
| Load Type | Gravity                     |
| Magnitude | 9810.000 mm/s <sup>2</sup>  |
| Vector X  | 0.000 mm/s <sup>2</sup>     |
| Vector Y  | -9810.000 mm/s <sup>2</sup> |
| Vector Z  | 0.000 mm/s <sup>2</sup>     |

☐ **Force:1**

|           |              |
|-----------|--------------|
| Load Type | Force        |
| Magnitude | 111687.001 N |
| Vector X  | 89138.515 N  |
| Vector Y  | 67292.728 N  |
| Vector Z  | 0.000 N      |

☐ **Selected Face(s)**

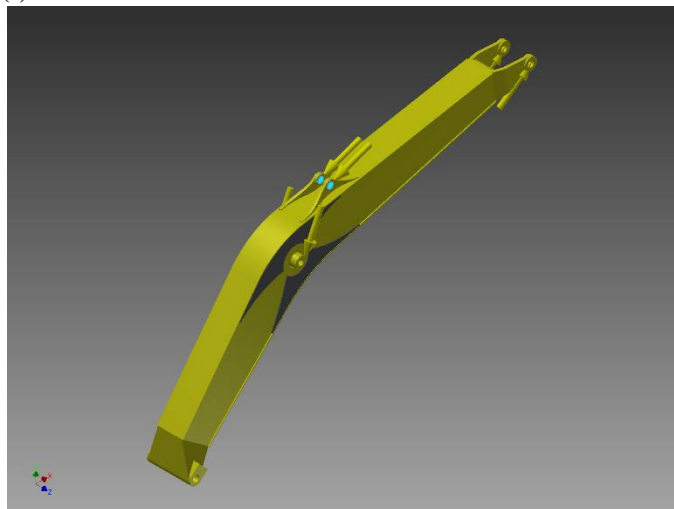


**Gambar 1. Pemberian Beban (*Force 1*) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ**

☐ **Force:2**

|           |              |
|-----------|--------------|
| Load Type | Force        |
| Magnitude | 94165.000 N  |
| Vector X  | -88367.520 N |
| Vector Y  | -32530.425 N |
| Vector Z  | 0.000 N      |

☐ **Selected Face(s)**

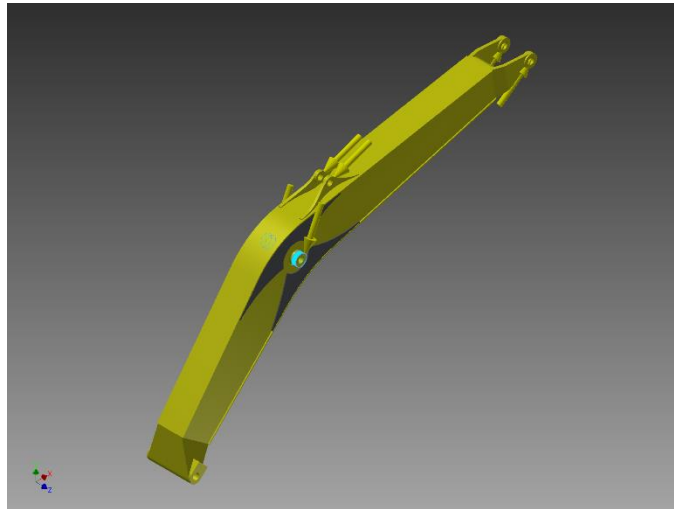


**Gambar 2. Pemberian Beban (*Force 2*) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ**

☐ **Force:3**

|           |               |
|-----------|---------------|
| Load Type | Force         |
| Magnitude | 336842.440 N  |
| Vector X  | -141929.373 N |
| Vector Y  | -305481.395 N |
| Vector Z  | 0.000 N       |

☐ **Selected Face(s)**

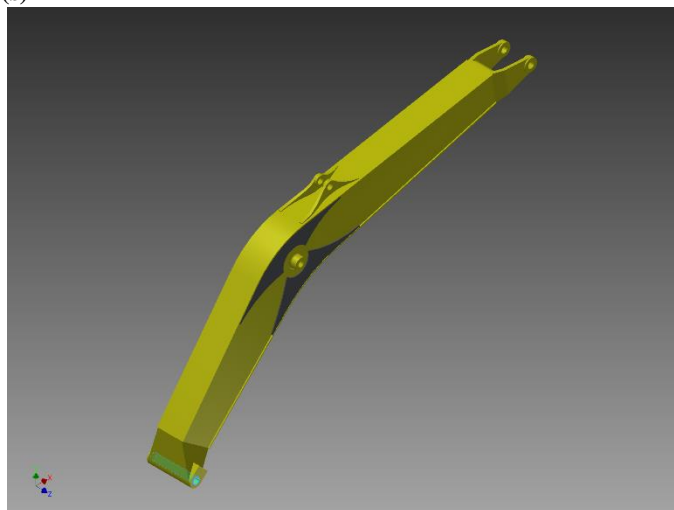


**Gambar 3. Pemberian Beban (*Force 3*) pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ**

☐ **Pin Constraint:1**

|                          |                |
|--------------------------|----------------|
| Constraint Type          | Pin Constraint |
| Fix Radial Direction     | Yes            |
| Fix Axial Direction      | Yes            |
| Fix Tangential Direction | No             |

☐ **Selected Face(s)**

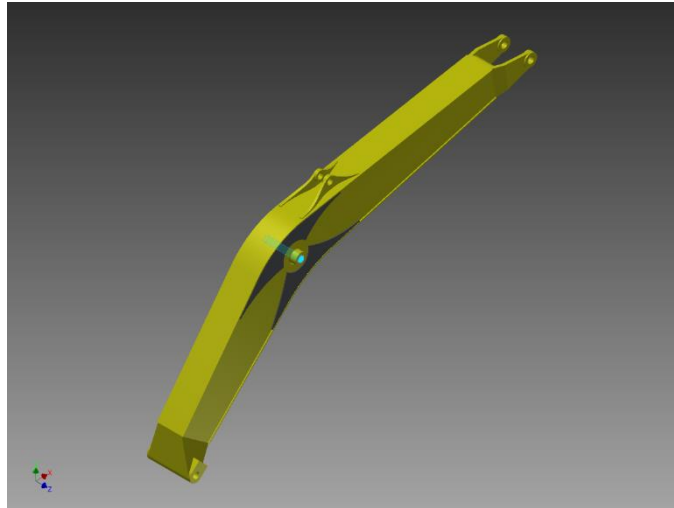


**Gambar 4. Penentuan Lokasi *Pin 1* pada *Boom Excavator* Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ**

### ☐ Pin Constraint:2

| Constraint Type          | Pin Constraint |
|--------------------------|----------------|
| Fix Radial Direction     | Yes            |
| Fix Axial Direction      | Yes            |
| Fix Tangential Direction | No             |

### ☐ Selected Face(s)



**Gambar 5. Penentuan Lokasi Pin 2 pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ**

### ☐ Results

#### ☐ Reaction Force and Moment on Constraints

| Constraint Name  | Reaction Force |                   | Reaction Moment |                   |
|------------------|----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
|                  | Magnitude      | Component (X,Y,Z) | Magnitude       | Component (X,Y,Z) |
| Pin Constraint:1 | 118634 N       | 1131.27 N         | 108.509 N m     | -26.9208 N m      |
|                  |                | 118628 N          |                 | 105.116 N m       |
|                  |                | 0 N               |                 | 0 N m             |
| Pin Constraint:2 | 224242 N       | 140065 N          | 69.1065 N m     | -69.1065 N m      |
|                  |                | 175118 N          |                 | 0 N m             |
|                  |                | 0 N               |                 | 0 N m             |

### ☐ Result Summary

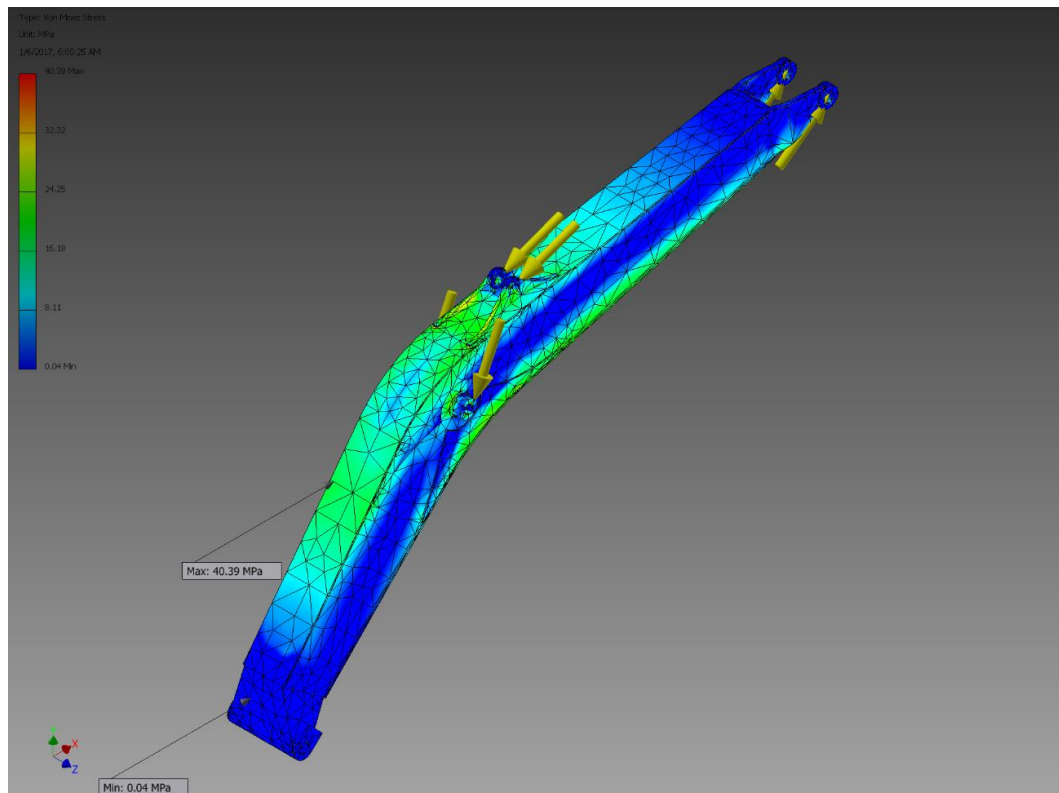
| Name                 | Minimum                   | Maximum     |
|----------------------|---------------------------|-------------|
| Volume               | 300384000 mm <sup>3</sup> |             |
| Mass                 | 2353.03 kg                |             |
| Von Mises Stress     | 0.050732 MPa              | 42.5292 MPa |
| 1st Principal Stress | -9.73229 MPa              | 34.9772 MPa |
| 3rd Principal Stress | -42.5733 MPa              | 14.838 MPa  |
| Displacement         | 0.0071539 mm              | 3.56374 mm  |
| Safety Factor        | 8.98691                   | 15          |
| Stress XX            | -33.7646 MPa              | 33.7631 MPa |



|                      |                |               |
|----------------------|----------------|---------------|
| Stress XY            | -19.9053 MPa   | 15.5823 MPa   |
| Stress XZ            | -15.8302 MPa   | 21.0393 MPa   |
| Stress YY            | -28.2498 MPa   | 28.8121 MPa   |
| Stress YZ            | -11.5622 MPa   | 15.1615 MPa   |
| Stress ZZ            | -17.1731 MPa   | 15.2515 MPa   |
| X Displacement       | -0.862565 mm   | 0.151751 mm   |
| Y Displacement       | -0.138947 mm   | 3.49455 mm    |
| Z Displacement       | -0.0709607 mm  | 0.0689606 mm  |
| Equivalent Strain    | 0.00000017632  | 0.000179368   |
| 1st Principal Strain | -0.00000160213 | 0.000182265   |
| 3rd Principal Strain | -0.00020549    | 0.00000140023 |
| Strain XX            | -0.000136379   | 0.000139627   |
| Strain XY            | -0.000128091   | 0.000100272   |
| Strain XZ            | -0.000101868   | 0.000135388   |
| Strain YY            | -0.000131982   | 0.000133672   |
| Strain YZ            | -0.0000744028  | 0.0000975646  |
| Strain ZZ            | -0.0000799122  | 0.0000655316  |

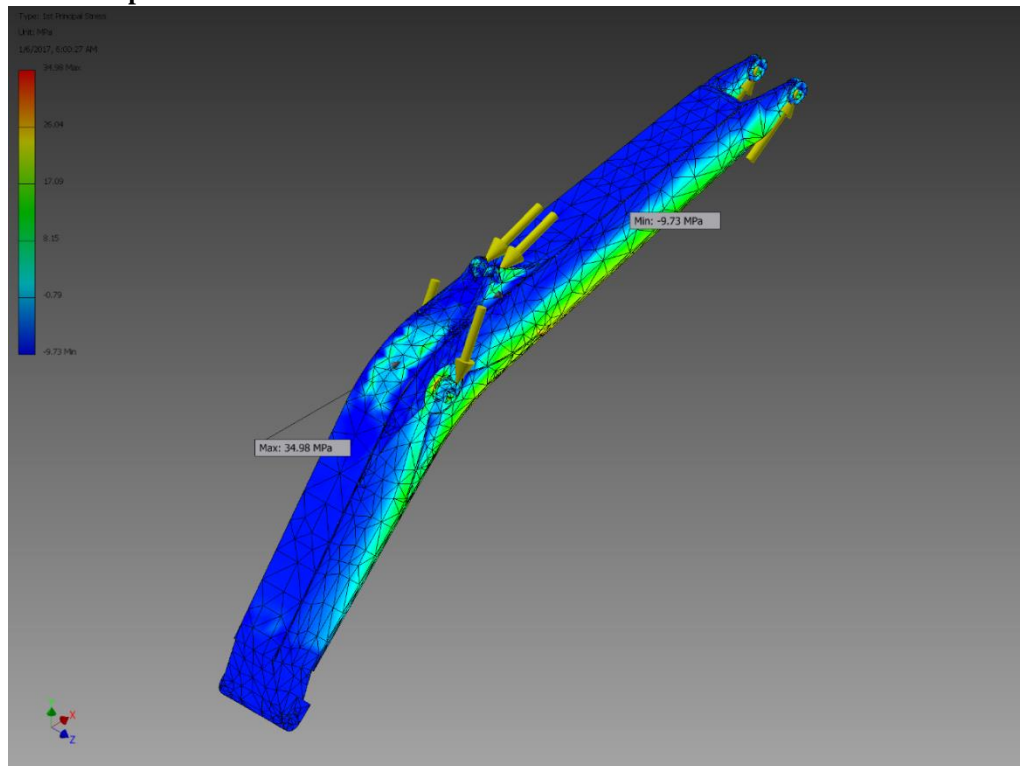
## Figures

### Von Mises Stress



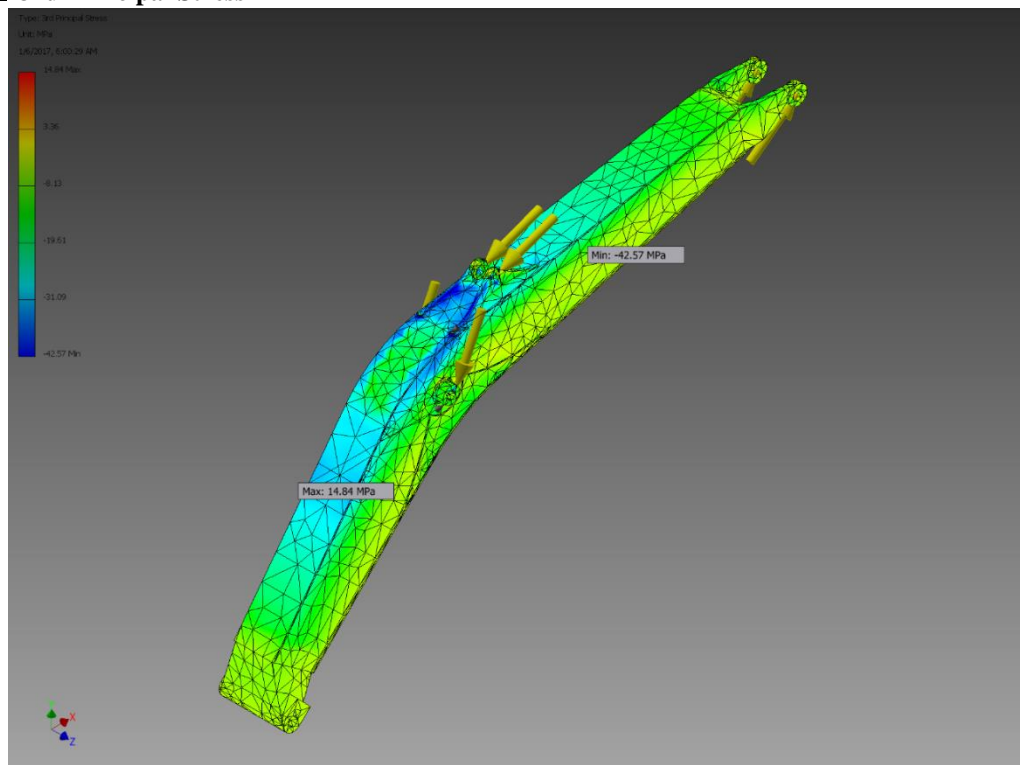
**Gambar 6. Von Mises Stress pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ**

### ☐ 1st Principal Stress



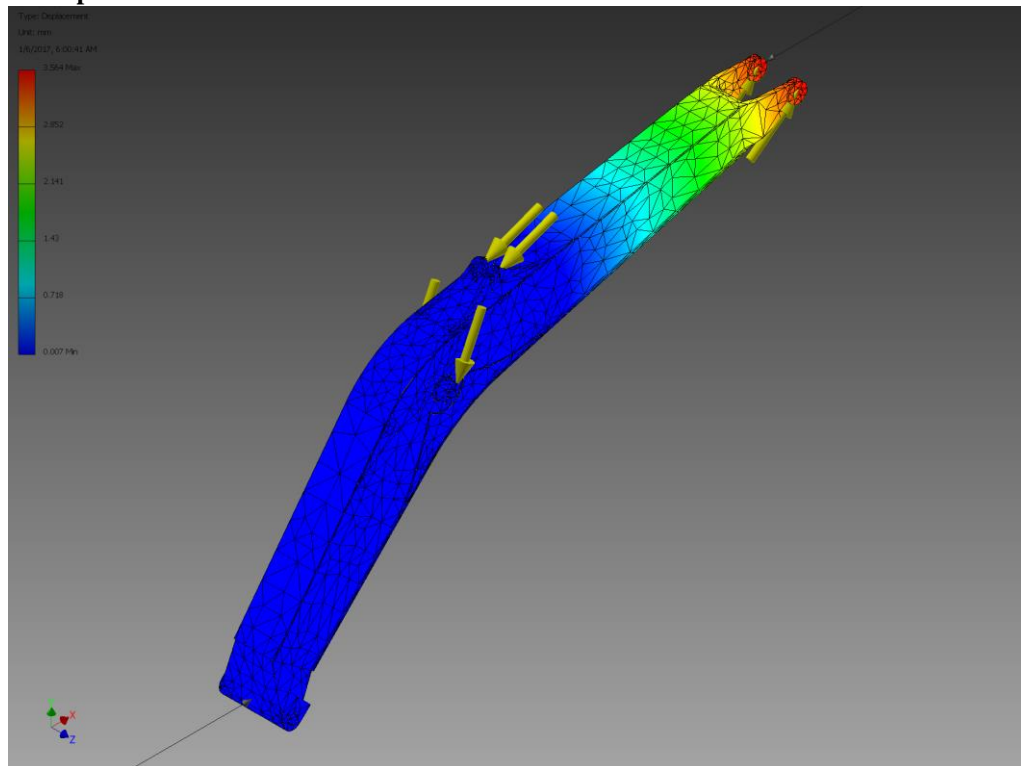
**Gambar 7. 1st Principal Stress pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ**

### ☐ 3rd Principal Stress



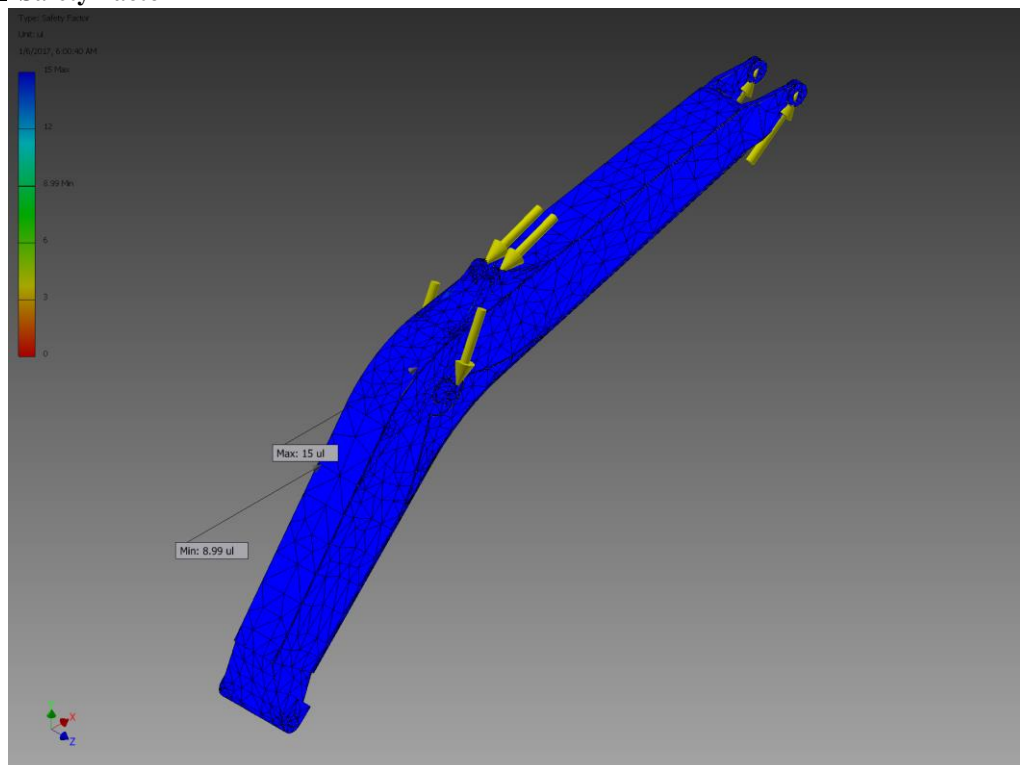
**Gambar 8. 3rd Principal Stress pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ**

### Displacement

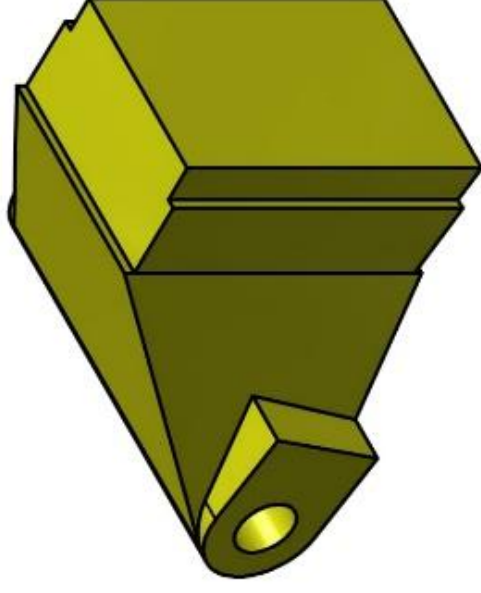
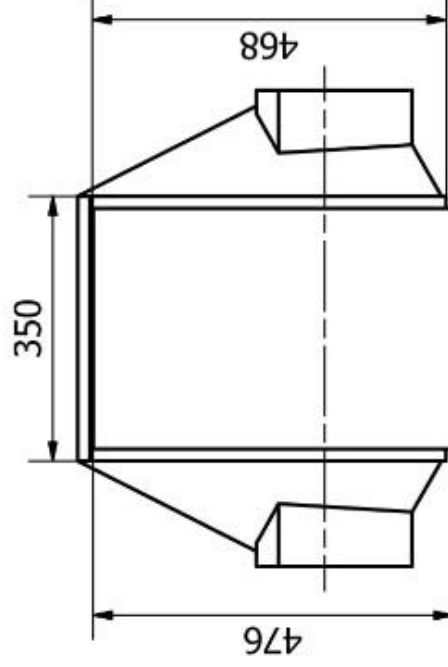
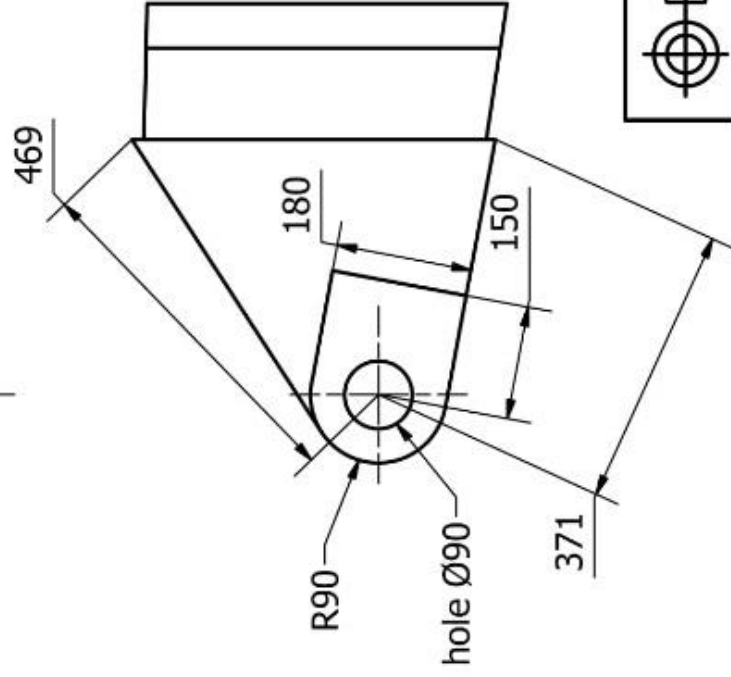
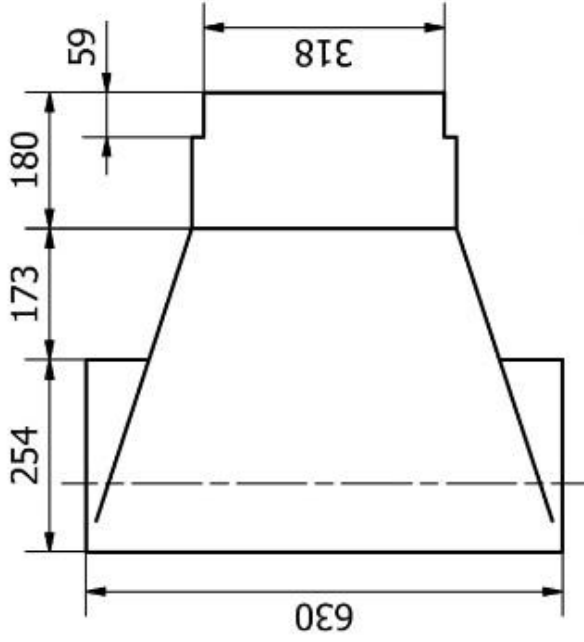


**Gambar 9. Displacement pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ**

### Safety Factor



**Gambar 10. Safety Factor pada Boom Excavator Kelas 20 Ton Reinforcement Versi Engineer PT. XYZ**



SKALA : 1 : 10

SATUAN : MM

TANGGAL : 09-01-2017

DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA

NO.REG : 5315122794

DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.

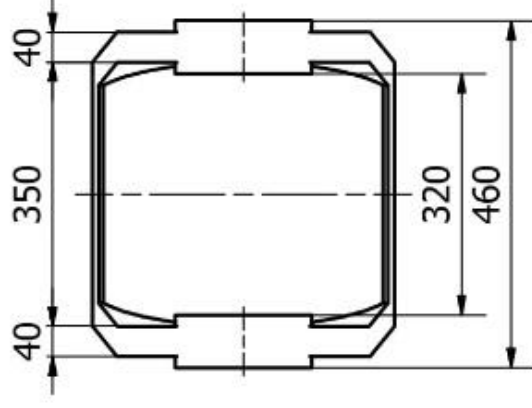
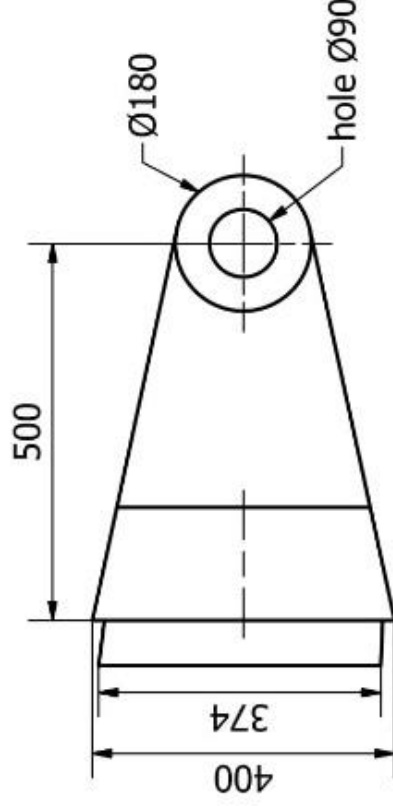
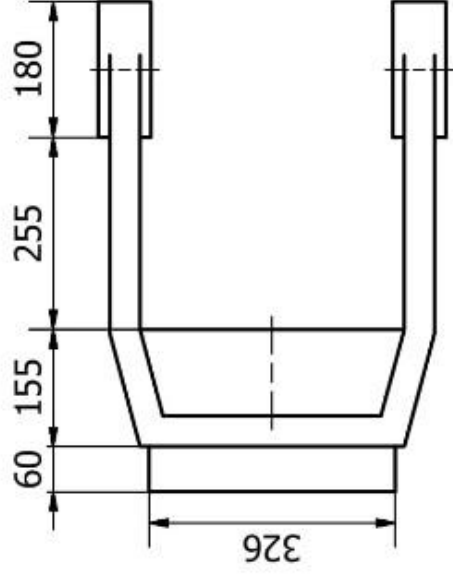
KETERANGAN :

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

PART 1

JIS G 5101  
(SC 49)

A4



SKALA : 1 : 10

SATUAN : MM

TANGGAL : 09-01-2017

DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA

NO.REG : 5315122794

DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.

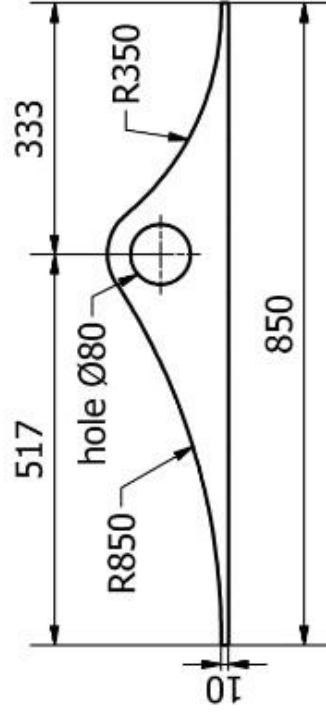
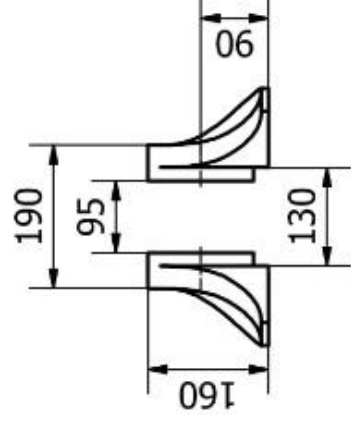
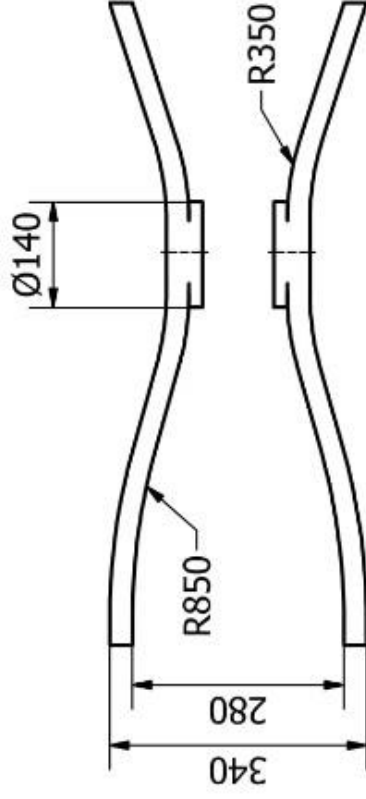
KETERANGAN :


UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

PART 2

JIS G 5101  
(SC 49)

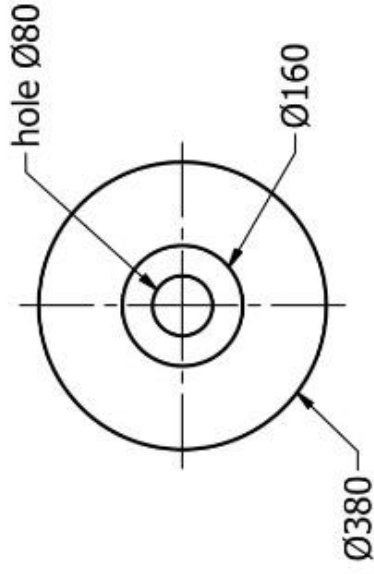
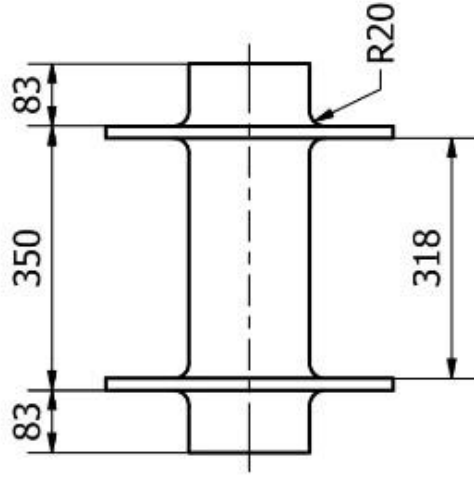
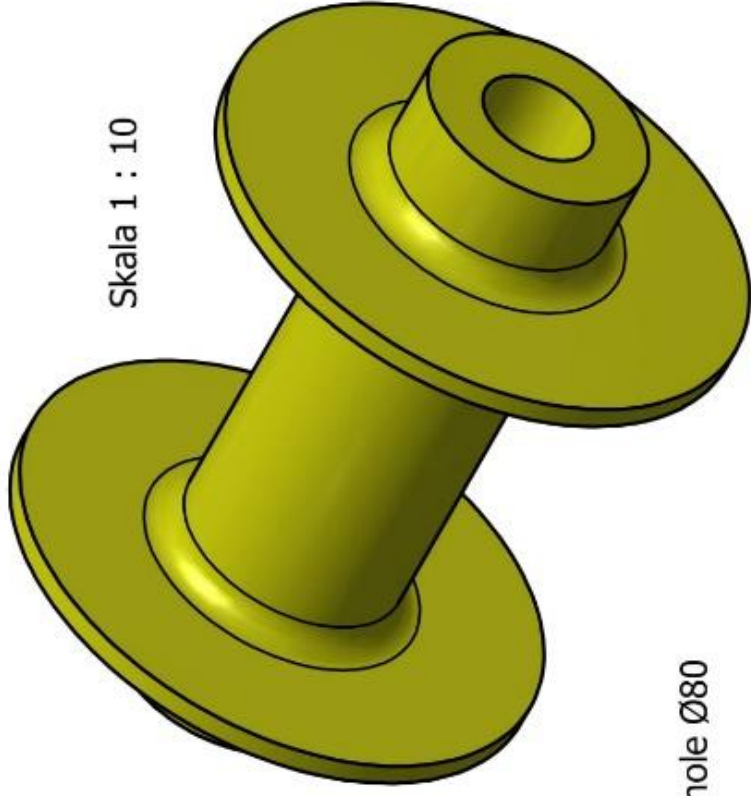
A4



|   |                            |                                   |                       |    |
|---|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----|
|  | SKALA : 1 : 10             | DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA   | KETERANGAN :          |    |
|   | SATUAN : MM                | NO.REG : 5315122794               |                       |    |
|   | TANGGAL : 09-01-2017       | DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T. |                       |    |
|   | UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA |                                   |                       |    |
|   |                            | PART 3                            | JIS G 5101<br>(SC 49) | A4 |



Skala 1 : 10



SKALA : 1 : 5

SATUAN : MM

TANGGAL : 09-01-2017

DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA

NO.REG : 5315122794

DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.

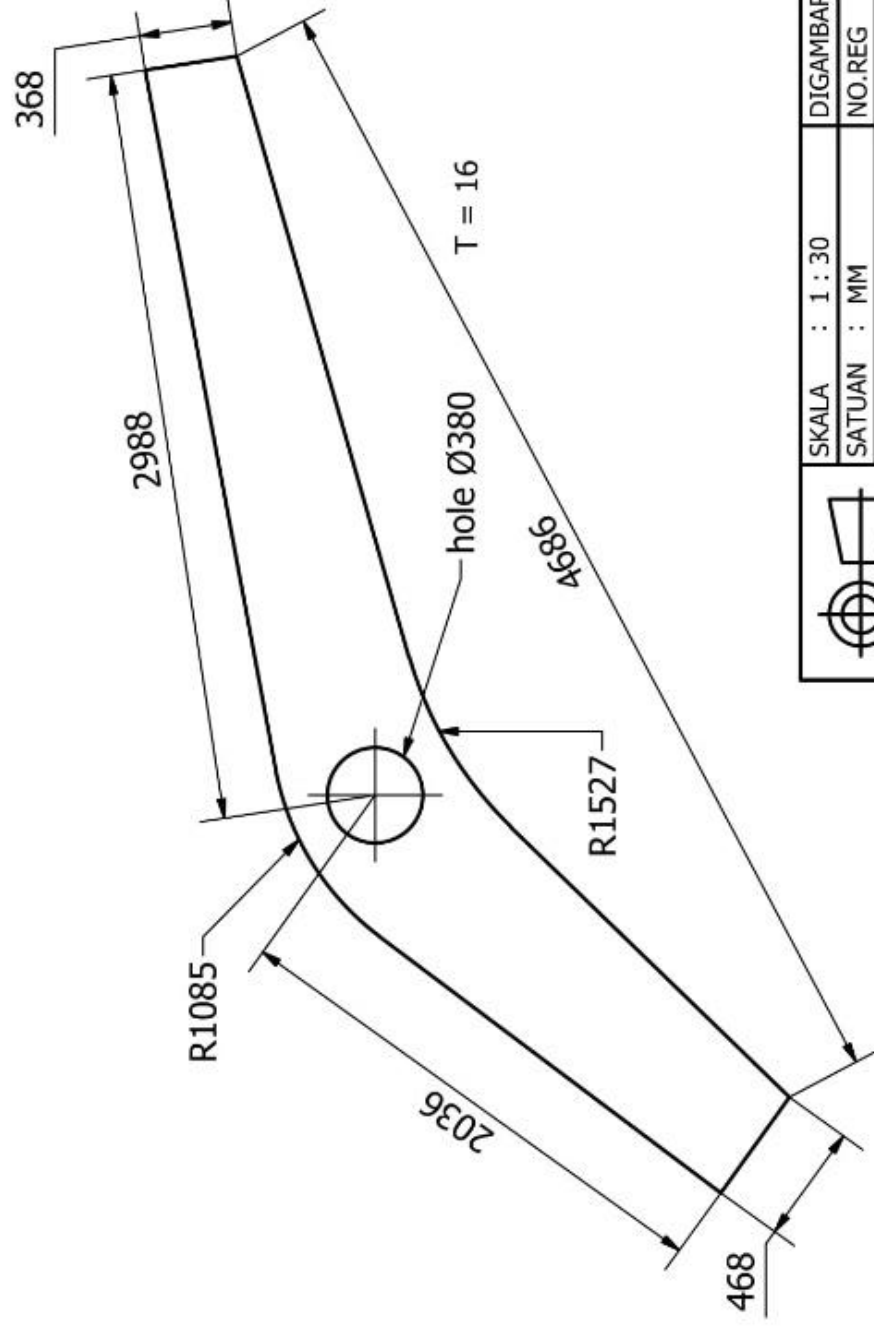
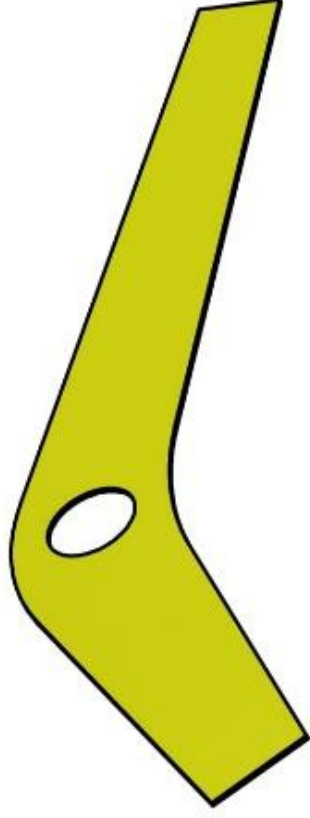
KETERANGAN :


UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

PART 4

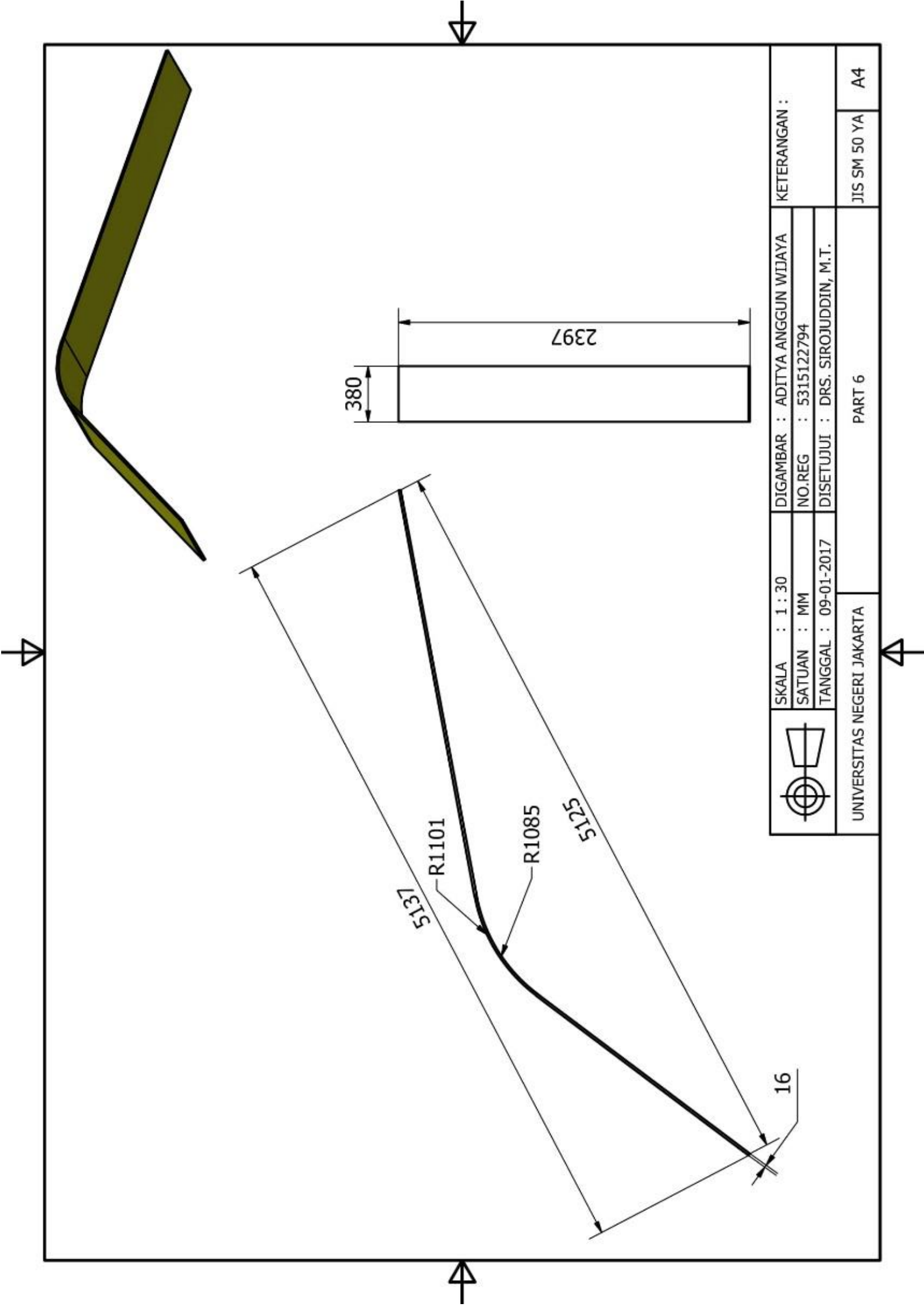
JIS G 5101  
(SC 49)

A4



|   |                      |                                  |              |    |
|---|----------------------|----------------------------------|--------------|----|
|  | SKALA : 1 : 30       | DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA  | KETERANGAN : |    |
|   | SATUAN : MM          | NO.REG : 5315122794              |              |    |
|   | TANGGAL : 09-01-2017 | DISETJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T. | JIS SM 50 YA | A4 |
| UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  |                      | PART 5                           |              |    |





SKALA : 1 : 30  
SATUAN : MM  
TANGGAL : 09-01-2017

DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA  
NO.REG : 5315122794  
DISETUIJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.

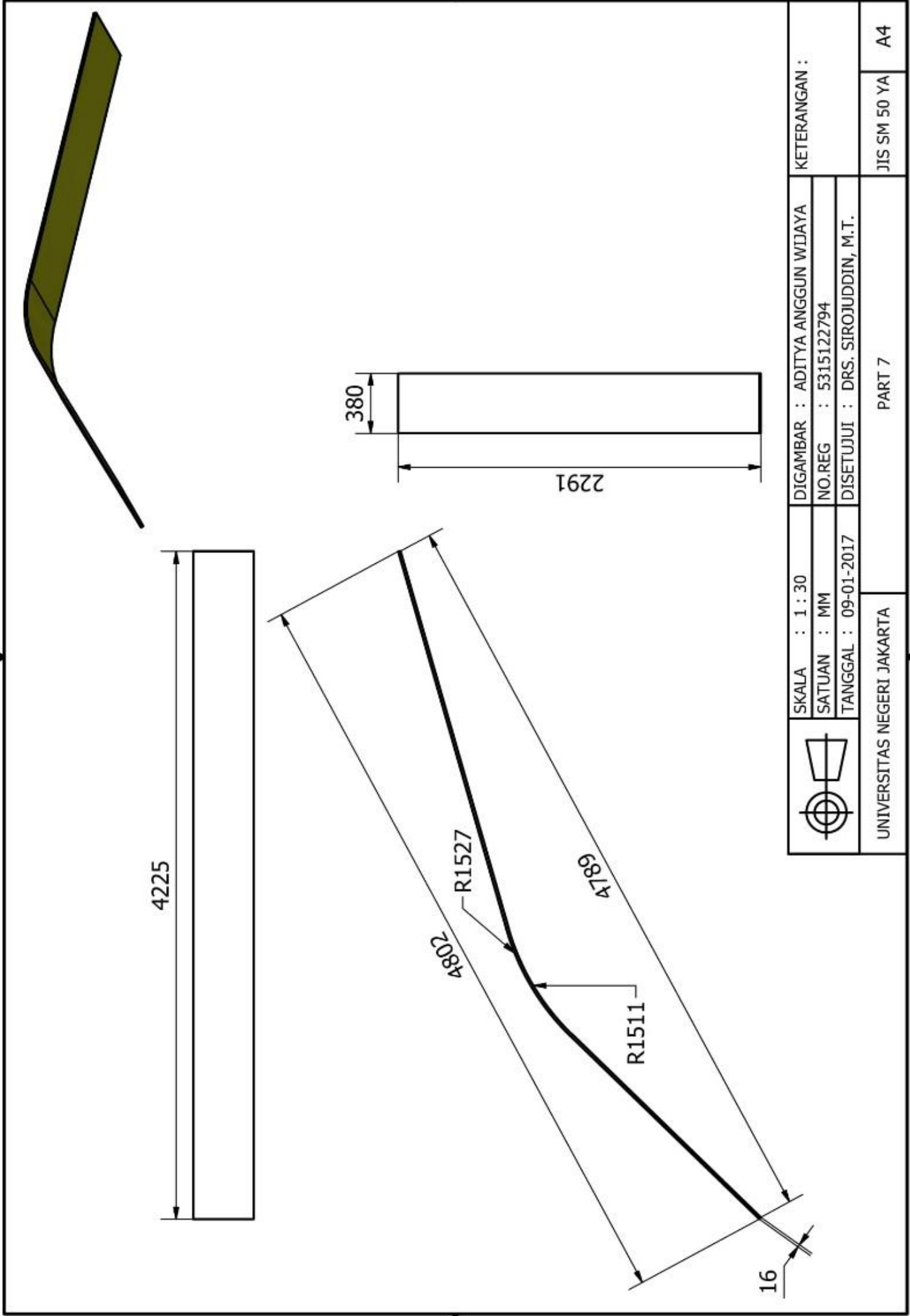
KETERANGAN :

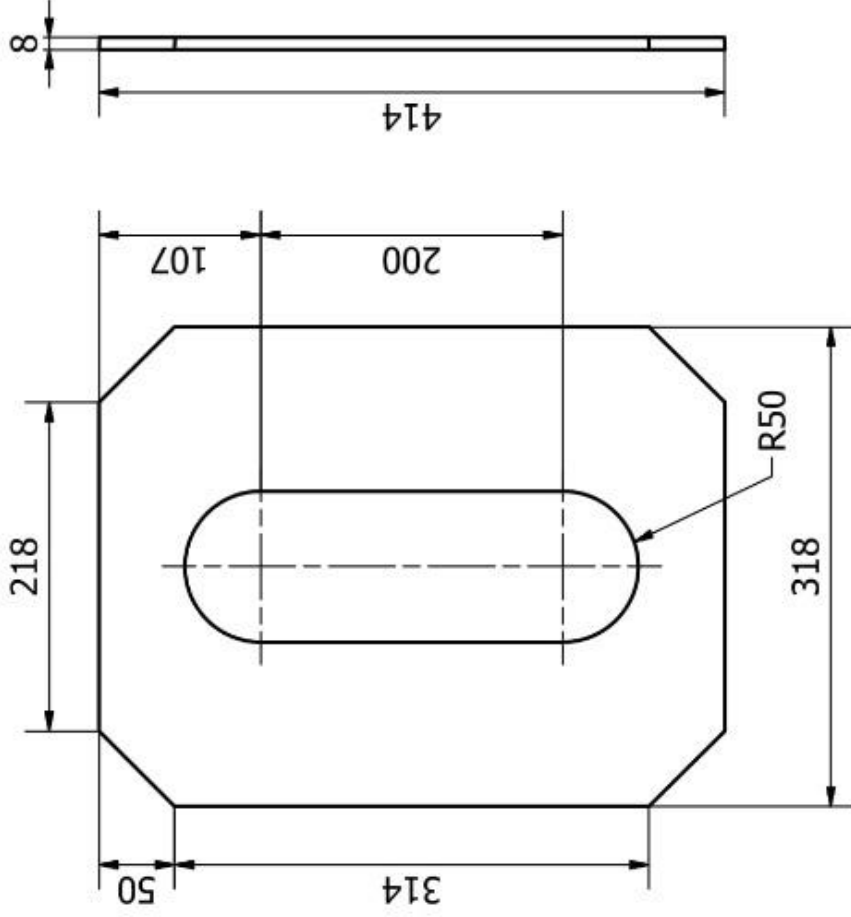
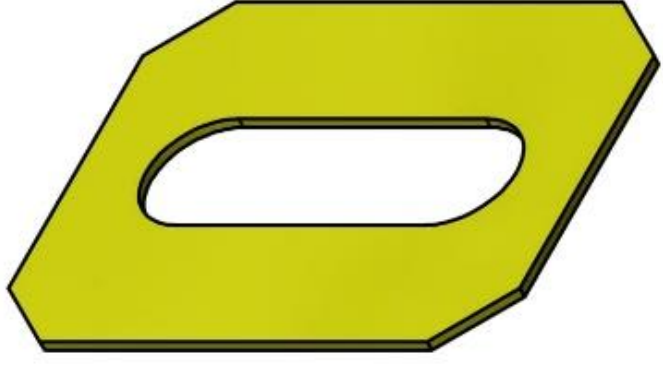
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA


PART 6

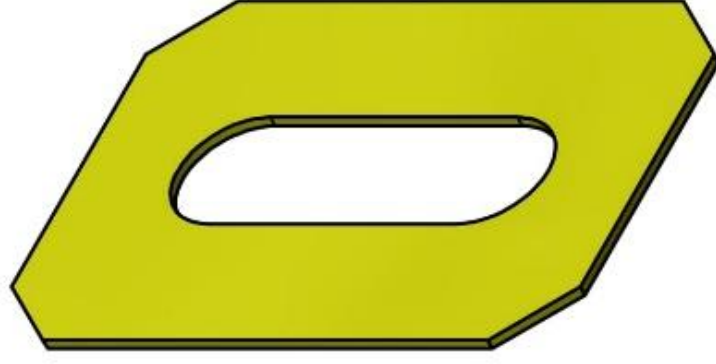
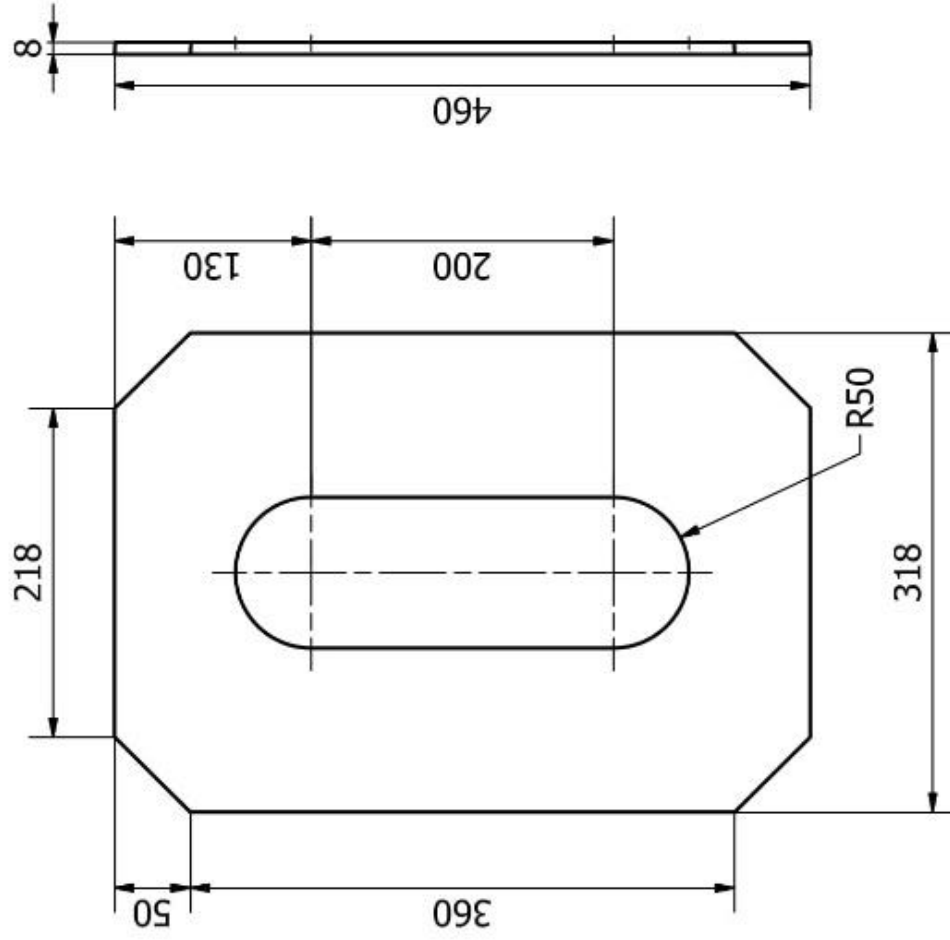
JIS SM 50 YA


A4

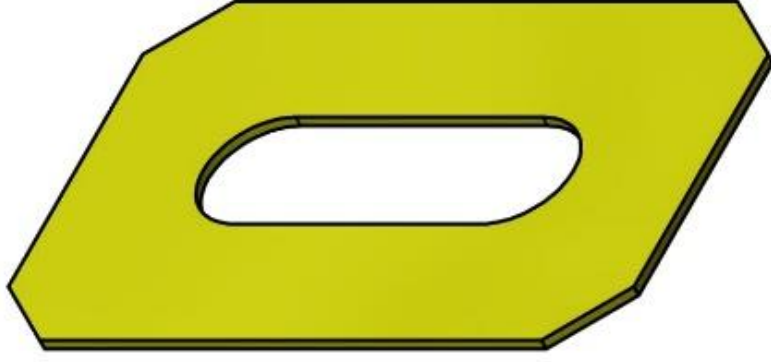
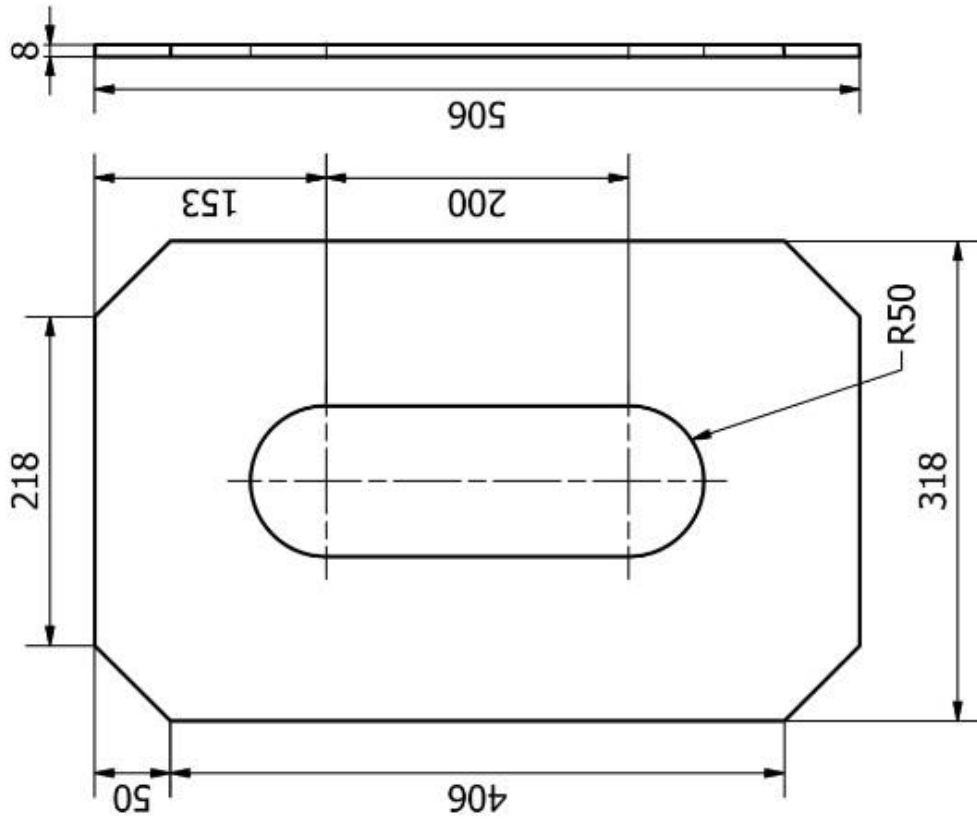





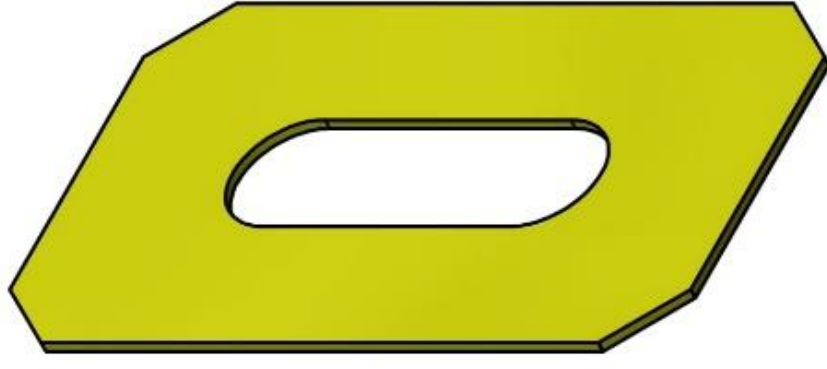
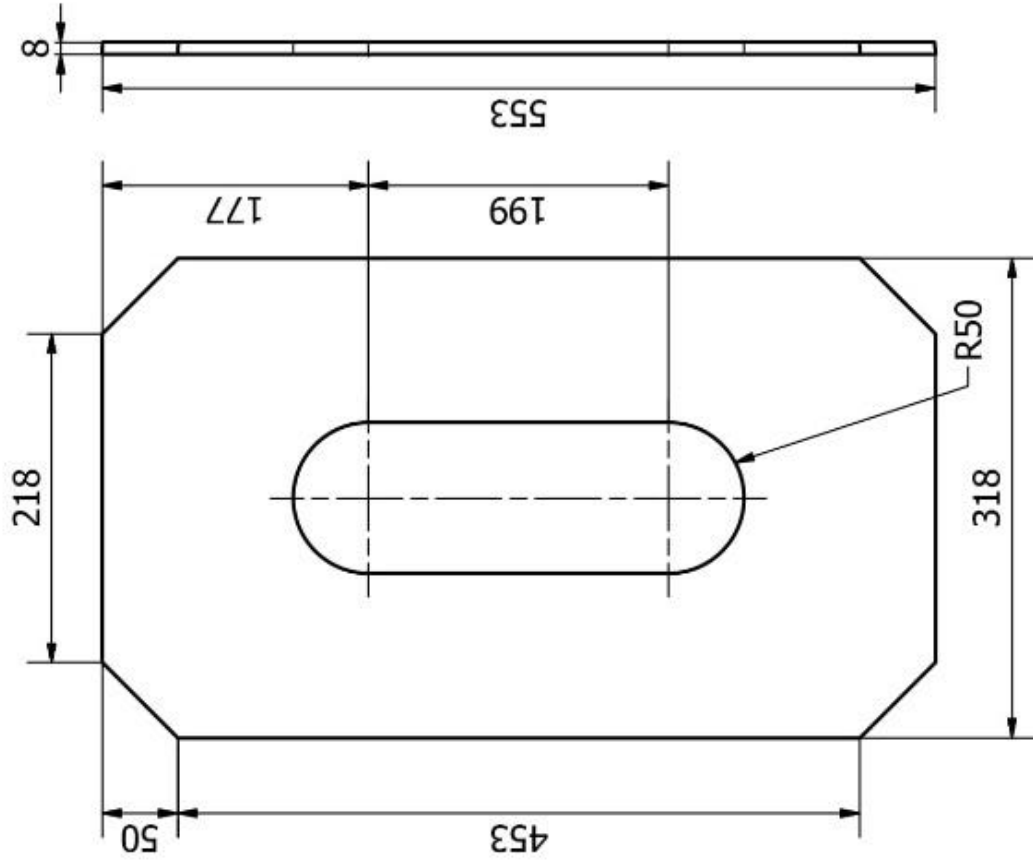
|   |                      |                                    |              |    |
|---|----------------------|------------------------------------|--------------|----|
|  | SKALA : 1 : 5        | DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA    | KETERANGAN : |    |
|   | SATUAN : MM          | NO.REG : 5315122794                |              |    |
|   | TANGGAL : 09-01-2017 | DISETUIJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T. | JIS SM 50 YA | A4 |
| UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  |                      | PART 8                             |              |    |




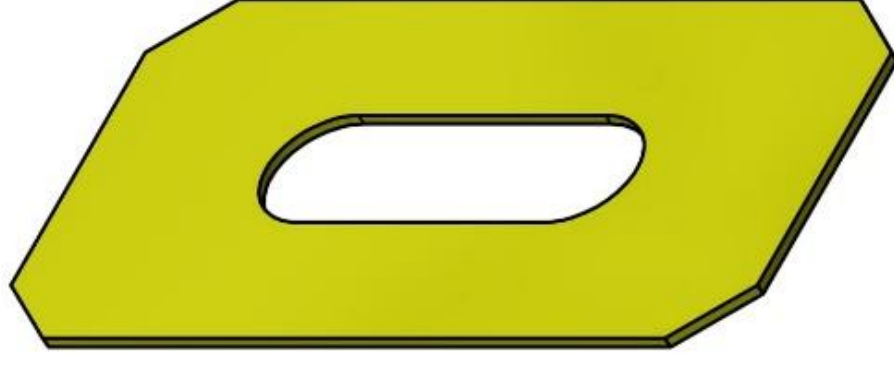
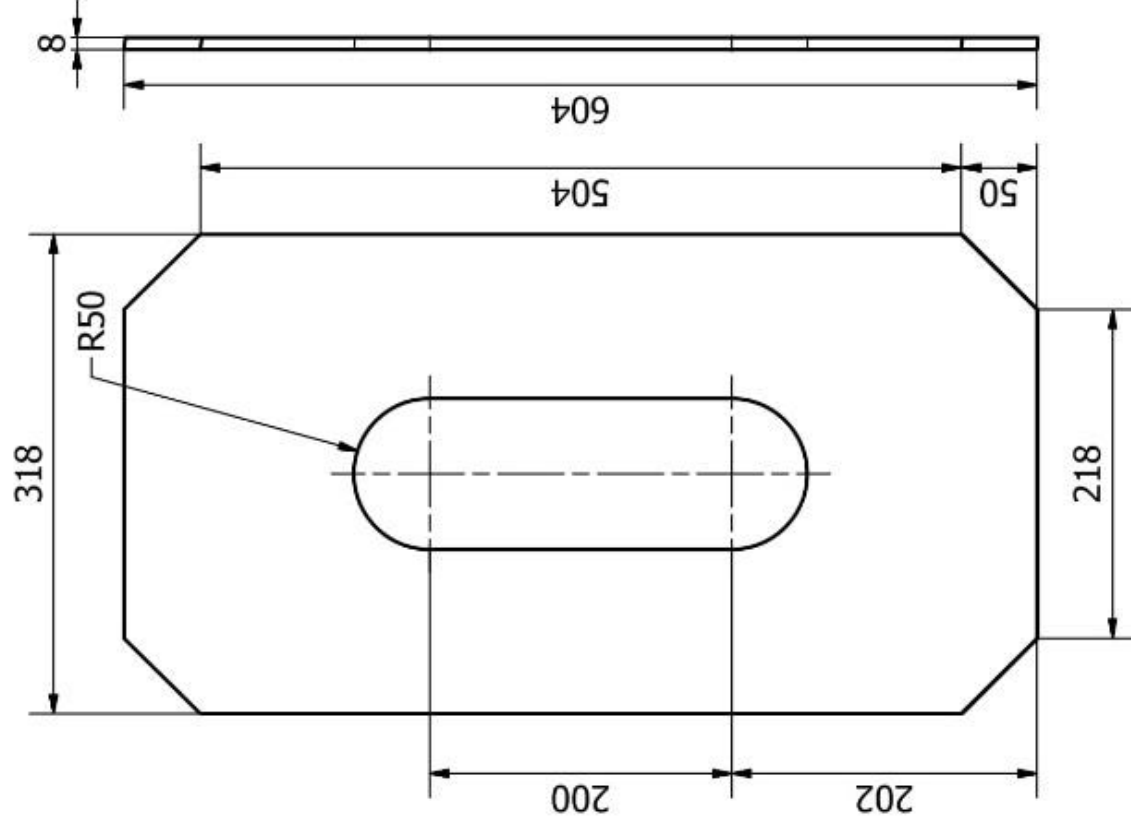
|   |                      |                                    |              |    |
|---|----------------------|------------------------------------|--------------|----|
|  | SKALA : 1 : 5        | DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA    | KETERANGAN : |    |
|   | SATUAN : MM          | NO.REG : 5315122794                |              |    |
|   | TANGGAL : 09-01-2017 | DISETUIJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T. | JIS SM 50 YA | A4 |
| UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  |                      | PART 9                             |              |    |




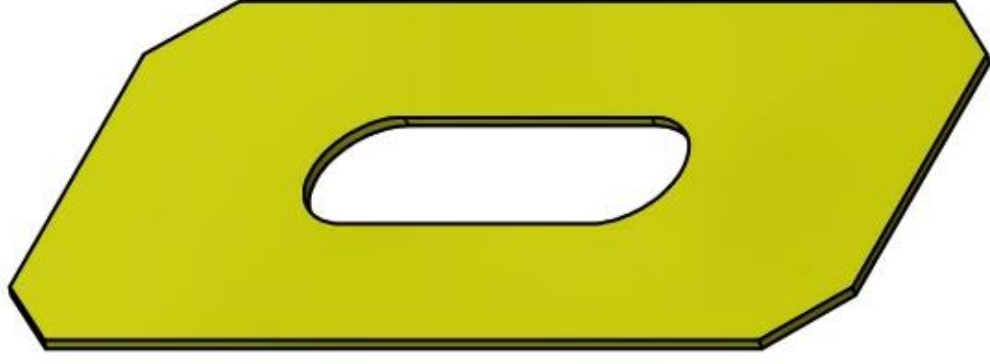
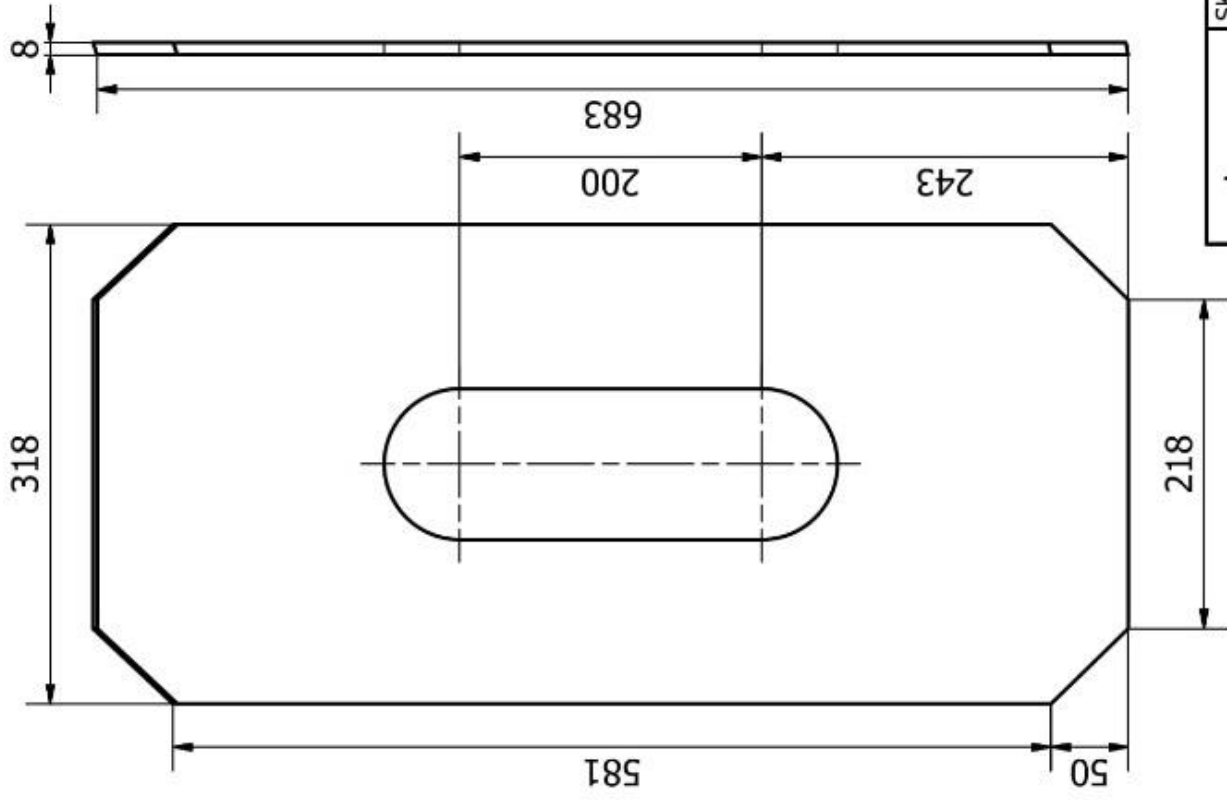
|   |                      |                                   |              |    |
|---|----------------------|-----------------------------------|--------------|----|
|  | SKALA : 1 : 5        | DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA   | KETERANGAN : |    |
|   | SATUAN : MM          | NO.REG : 5315122794               |              |    |
|   | TANGGAL : 09-01-2017 | DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T. | JIS SM 50 YA | A4 |
| UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  |                      | PART 10                           |              |    |



|   |                      |                                    |              |    |
|---|----------------------|------------------------------------|--------------|----|
|  | SKALA : 1 : 5        | DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIDAYA    | KETERANGAN : |    |
|   | SATUAN : MM          | NO.REG : 5315122794                |              |    |
|   | TANGGAL : 09-01-2017 | DISETUIJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T. | JIS SM 50 YA | A4 |
| UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  |                      | PART 11                            |              |    |



|   |                      |                                    |              |    |
|---|----------------------|------------------------------------|--------------|----|
|  | SKALA : 1 : 5        | DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA    | KETERANGAN : |    |
|   | SATUAN : MM          | NO.REG : 5315122794                |              |    |
|   | TANGGAL : 09-01-2017 | DISETUIJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T. | JIS SM 50 YA | A4 |
| UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  |                      | PART 12                            |              |    |



SKALA : 1 : 5

SATUAN : MM

TANGGAL : 09-01-2017

DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA

NO.REG : 5315122794

DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.

KETERANGAN :

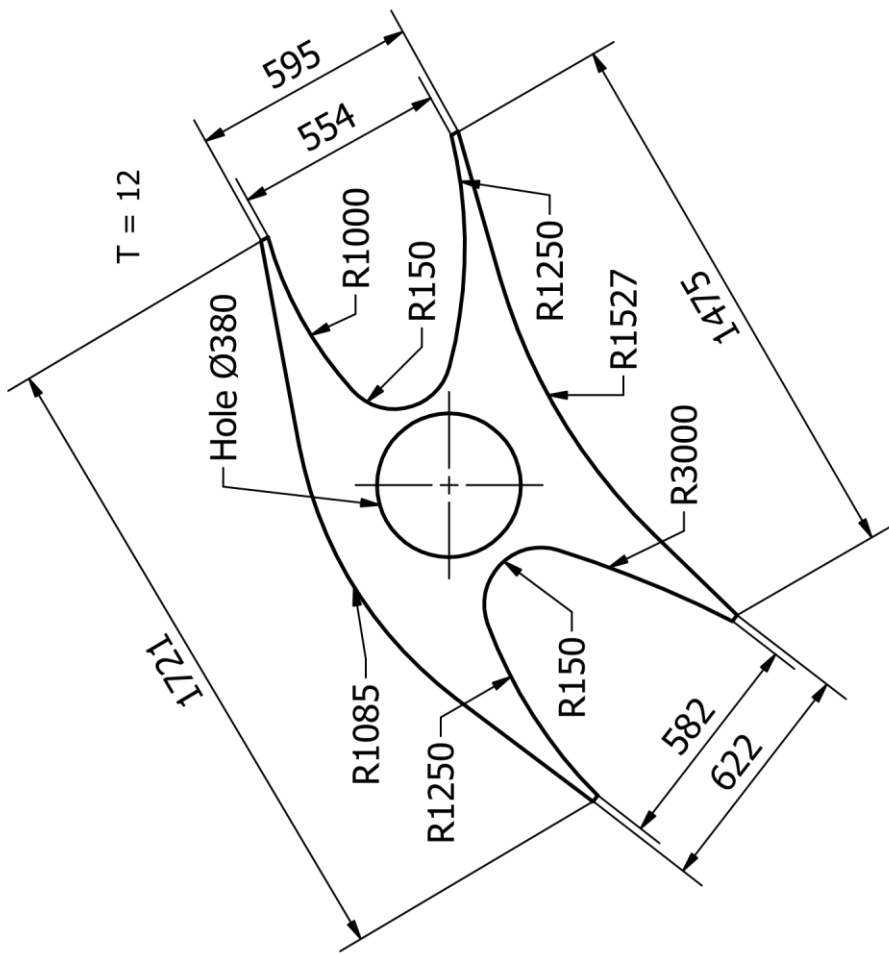
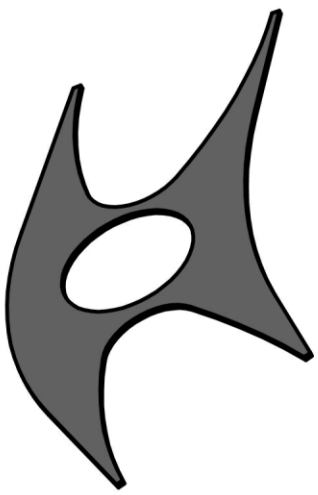
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

PART 13

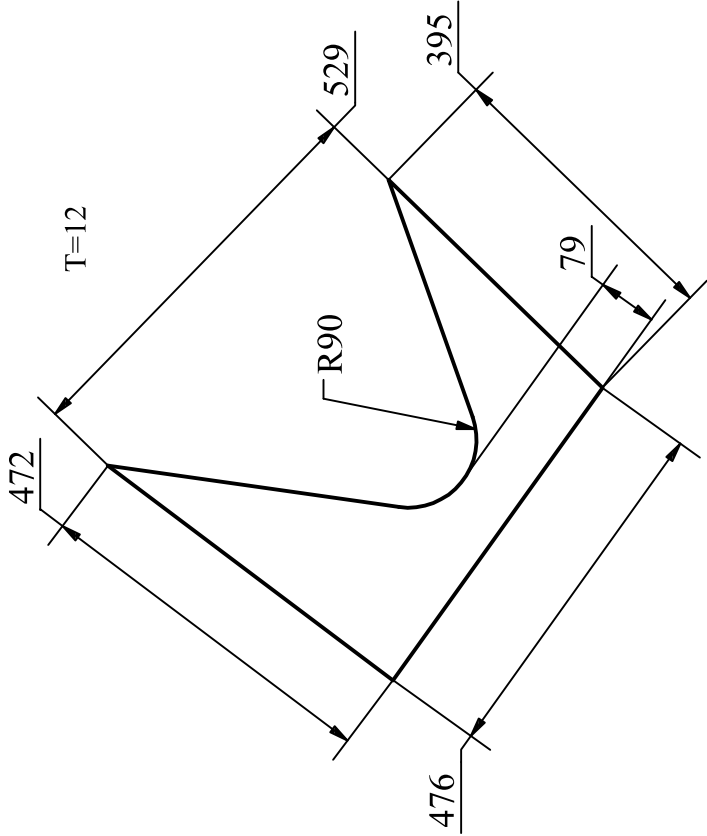
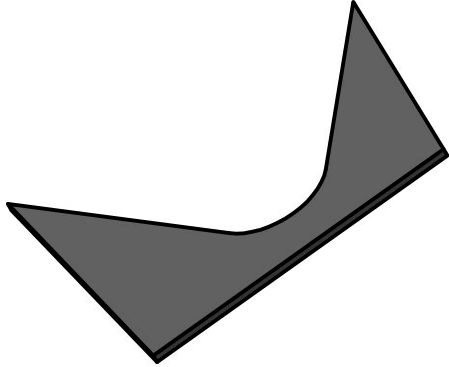
JIS SM 50 YA


A4

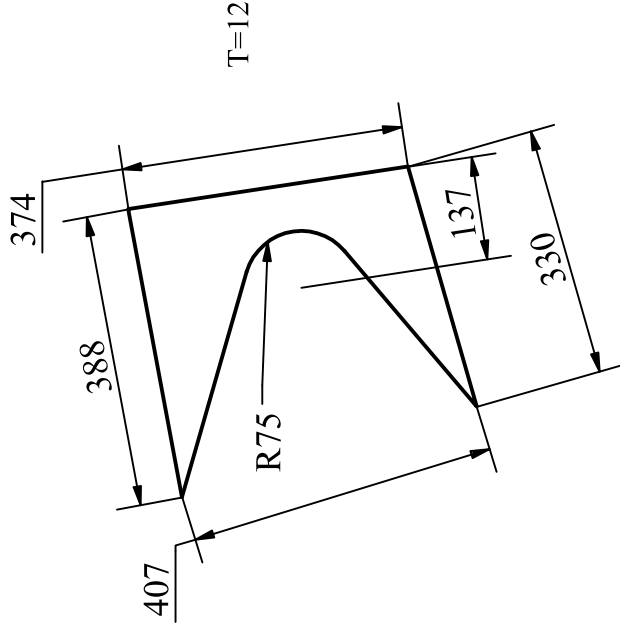
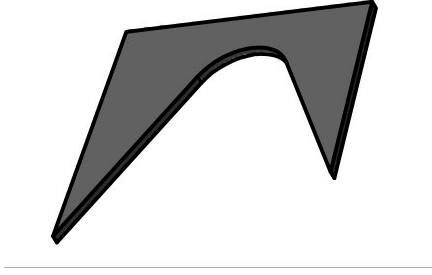





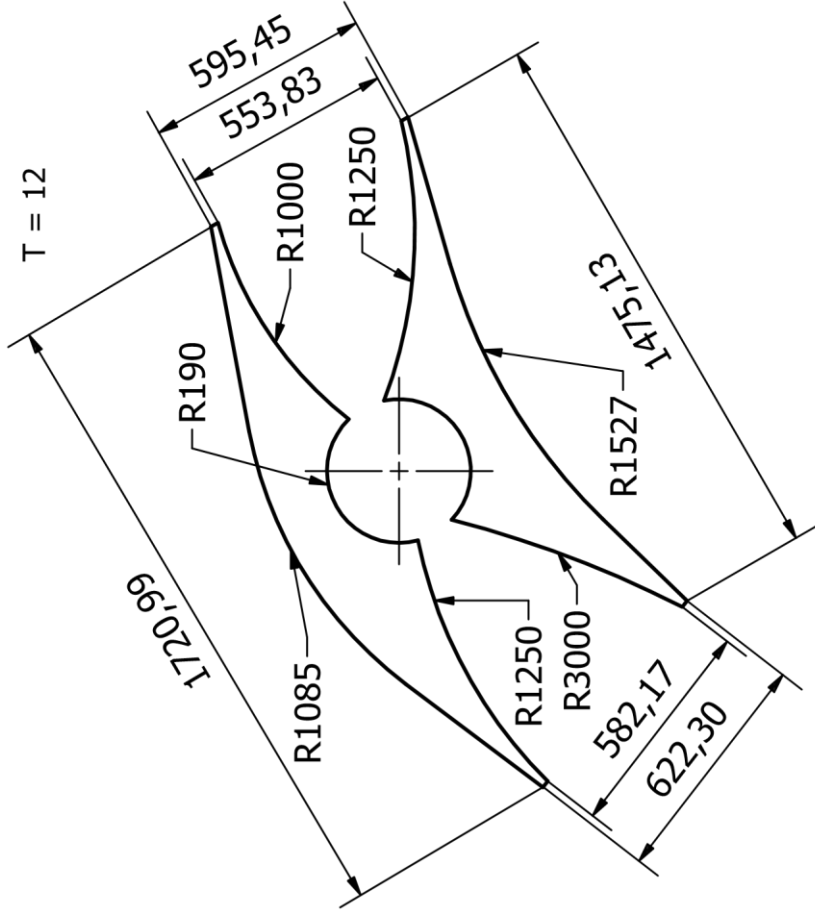
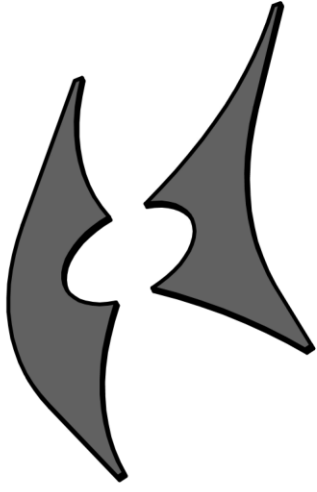
|                            |                      |  |                 |
|----------------------------|----------------------|--|-----------------|
|                            | SKALA : 1 : 20       | DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA        | KETERANGAN : Q4 |
|                            | SATUAN : MM          | NO.REG : 5315122794                    |                 |
|                            | TANGGAL : 09-01-2017 | DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.      |                 |
| UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA |                      | REINFORCEMENT 1 VERSI ENGINEER PT. PQR | MILD STEEL A4   |



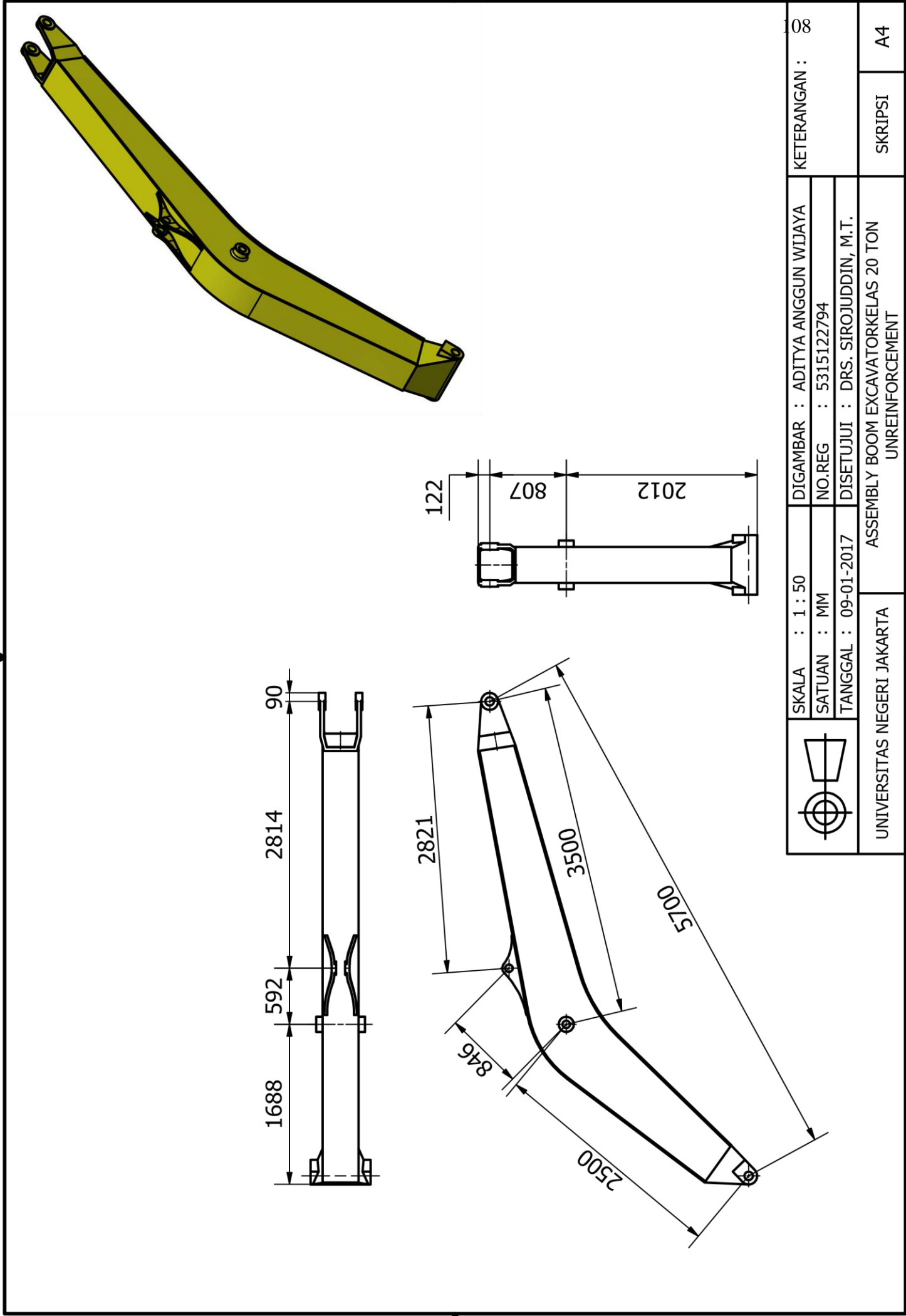
|   |                            |  |             |     |
|---|----------------------------|--|-------------|-----|
|  | SKALA : 1:10               | DIGAMBAR : ADITYAANGGUNWIJAYA          | KETERANGAN: | 105 |
|   | SATUAN : MM                | NO.REG : 5315122794                    |             |     |
|   | TANGGAL : 09-01-2017       | DISETUJUI : DRS.SIROJUDDIN,M.T.        |             |     |
|   | UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA | REINFORCEMENT 2 VERSI ENGINEER PT. PQR | MILD STEEL  | A4  |

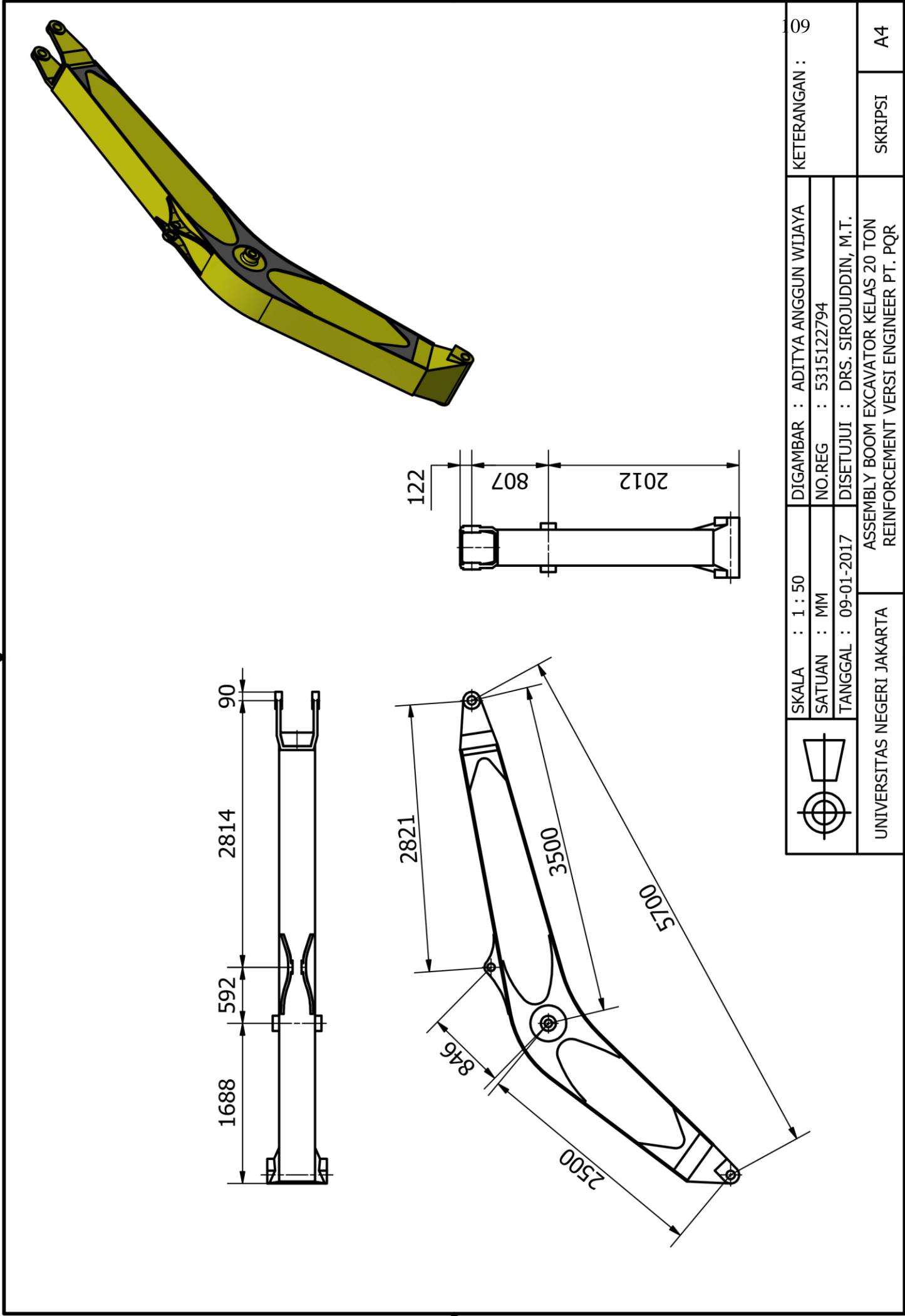


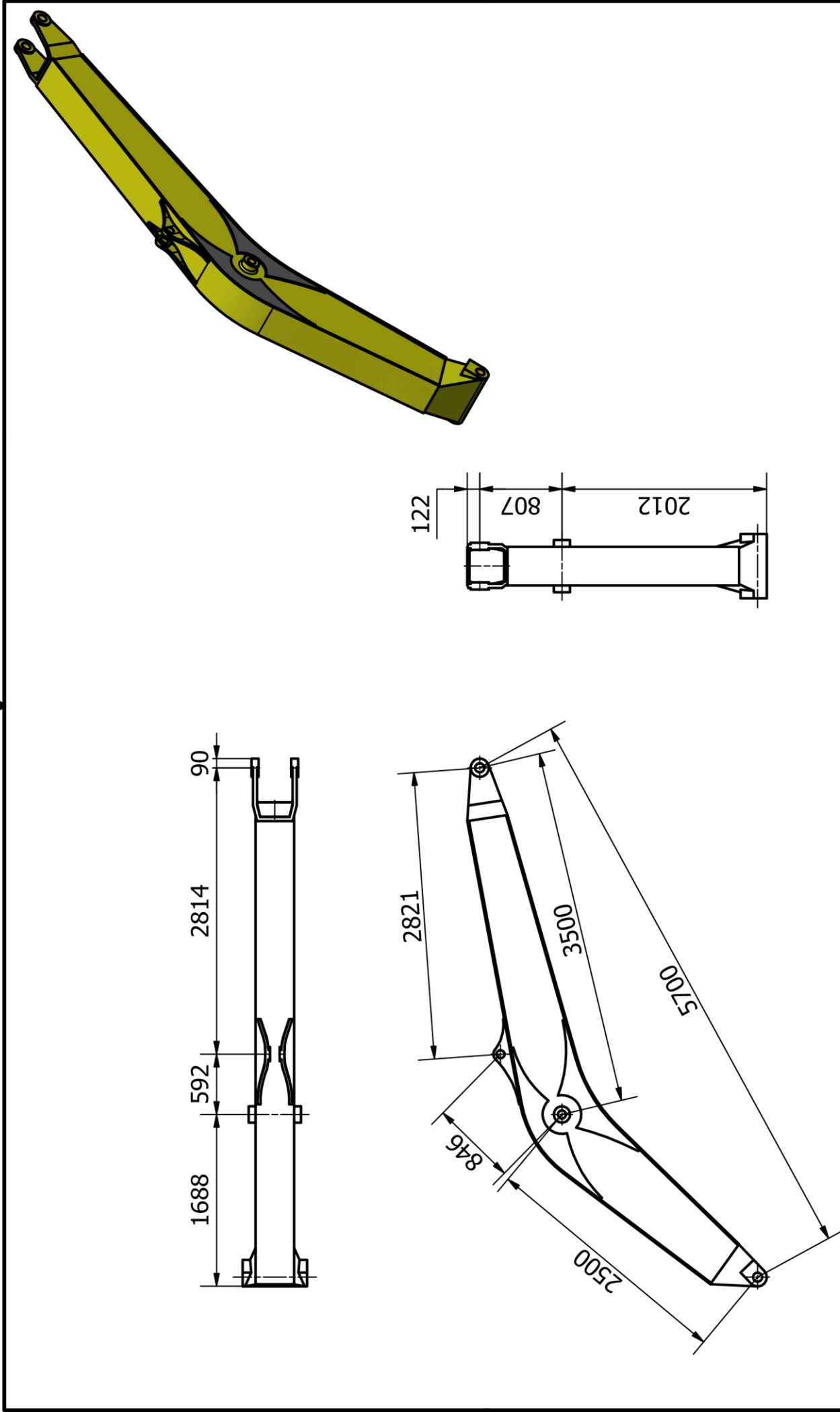
|   |                            |  |             |     |
|---|----------------------------|--|-------------|-----|
|  | SKALA : 1:10               | DIGAMBAR : ADITYAANGGUNWIJAYA          | KETERANGAN: | 106 |
|   | SATUAN : MM                | NO.REG : 5315122794                    |             |     |
|   | TANGGAL : 09-01-2017       | DISETUJUI : DRS.SIROJUDDIN,M.T.        |             |     |
|   | UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA | REINFORCEMENT 3 VERSI ENGINEER PT. PQR | MILD STEEL  | A4  |



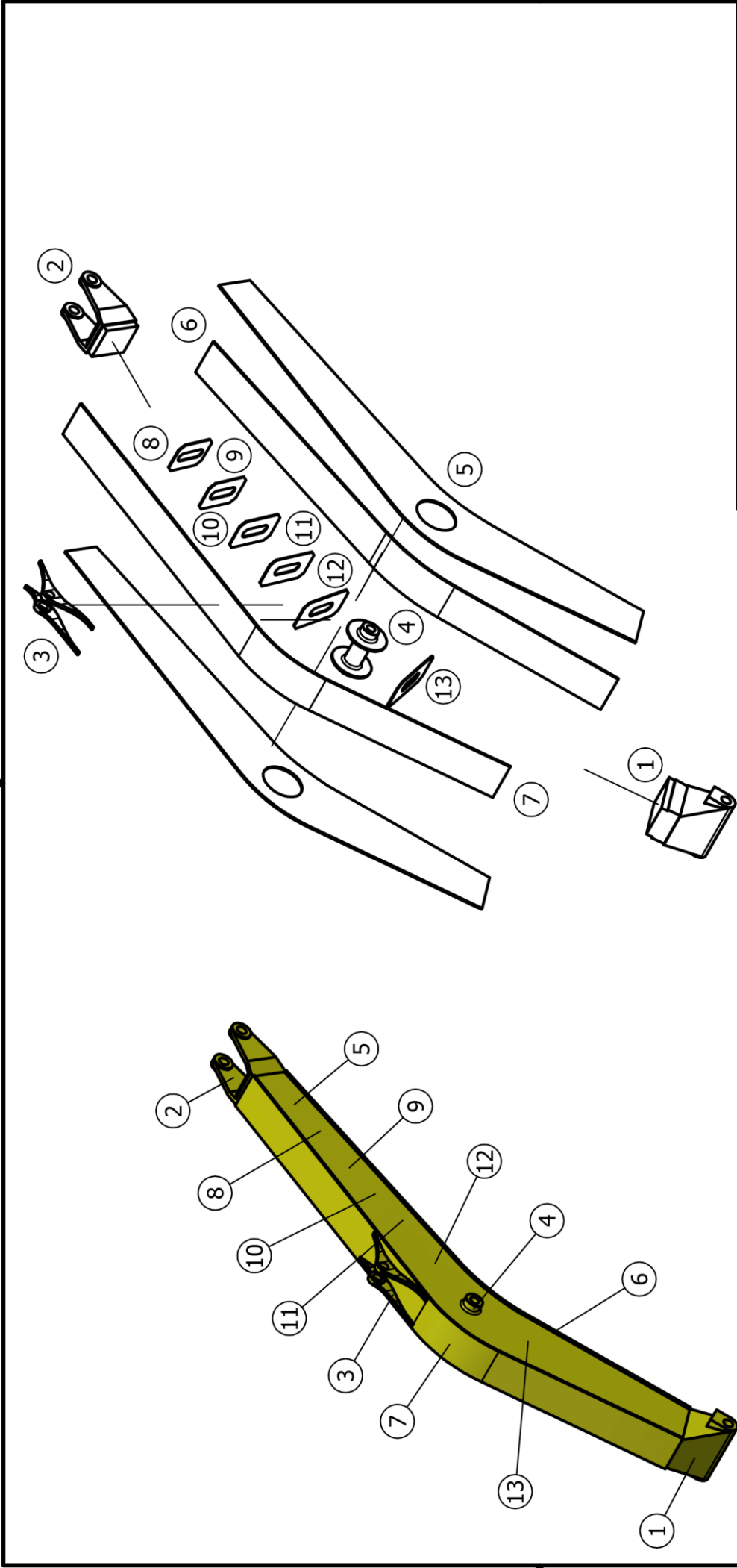
|                            |                      |                                      |                 |            |
|----------------------------|----------------------|--------------------------------------|-----------------|------------|
|                            | SKALA : 1 : 20       | DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA      | KETERANGAN : 07 |            |
|                            | SATUAN : MM          | NO.REG : 5315122794                  |                 |            |
|                            | TANGGAL : 09-01-2017 | DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.    |                 |            |
| UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA |                      | REINFORCEMENT VERSI ENGINEER PT. XYZ |                 | MILD STEEL |
|                            |                      |                                      |                 | A4         |






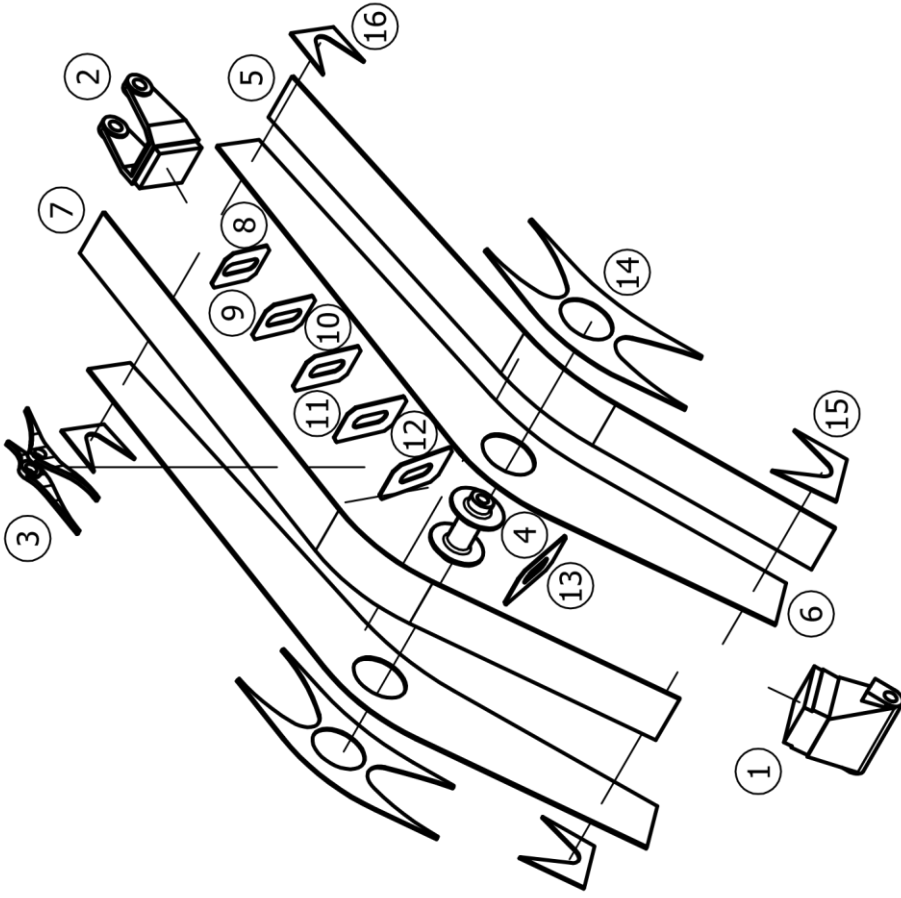
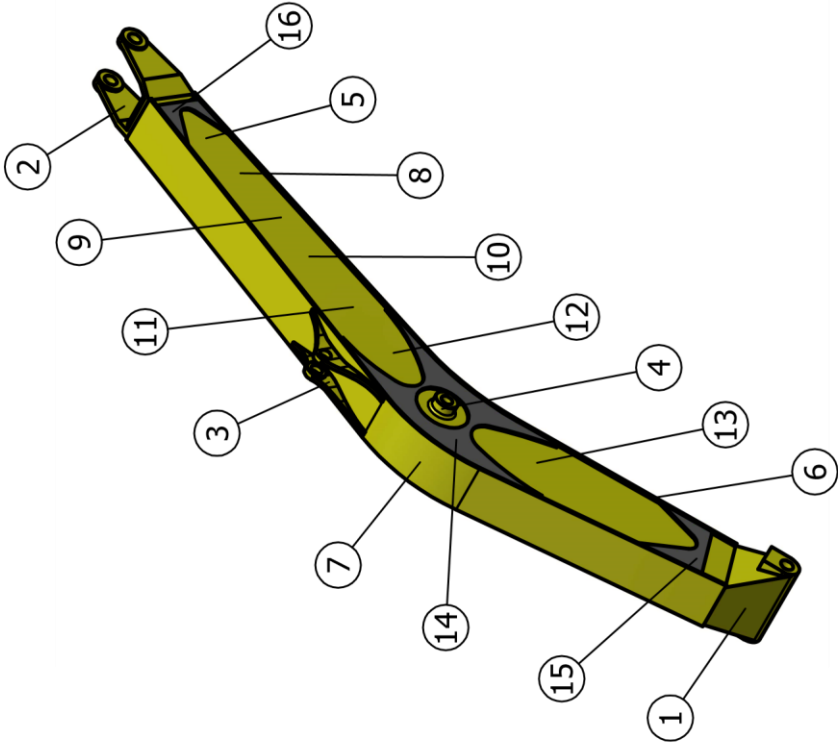


|   |                            |                                   |                 |
|---|----------------------------|-----------------------------------|-----------------|
|  | SKALA : 1 : 50             | DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA   | KETERANGAN : 10 |
|   | SATUAN : MM                | NO.REG : 5315122794               |                 |
|   | TANGGAL : 09-01-2017       | DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T. |                 |
|   | UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA |                                   |                 |
| ASSEMBLY BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON<br>REINFORCEMENT VERSI ENGINEER PT. XYZ          |                            | SKRIPSI                           | A4              |



|  |        |   |              |   |         |    |              |
|--|--------|---|--------------|---|---------|----|--------------|
| 6  | PART 6 | 1 | JIS SM 50 YA | 13  | PART 13 | 1  | JIS SM 50 YA |
| 5  | PART 5 | 2 | JIS SM 50 YA | 12  | PART 12 | 1  | JIS SM 50 YA |
| 4  | PART 4 | 1 | JIS G 5101   | 11  | PART 11 | 1  | JIS SM 50 YA |
| 3  | PART 3 | 1 | JIS G 5101   | 10  | PART 10 | 1  | JIS SM 50 YA |
| 2  | PART 2 | 1 | JIS G 5101   | 9   | PART 9  | 1  | JIS SM 50 YA |
| 1  | PART 1 | 1 | JIS G 5101   | 8   | PART 8  | 1  | JIS SM 50 YA |
|  |        |   |              | 7   | PART 7  | 1  | JIS SM 50 YA |
| <div></div> <div>SKALA : 1 : 50</div> |        |   |              | DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA             |         |    |              |
| SATUAN : MM  |        |   |              | NO.REG : 5315122794                         |         |    |              |
| TANGGAL : 09-01-2017   |        |   |              | DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T.           |         |    |              |
| UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA   |        |   |              | BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON UNREINFORCEMENT |         |    |              |
|  |        |   |              | SKRIPSI                                     |         | A4 |              |

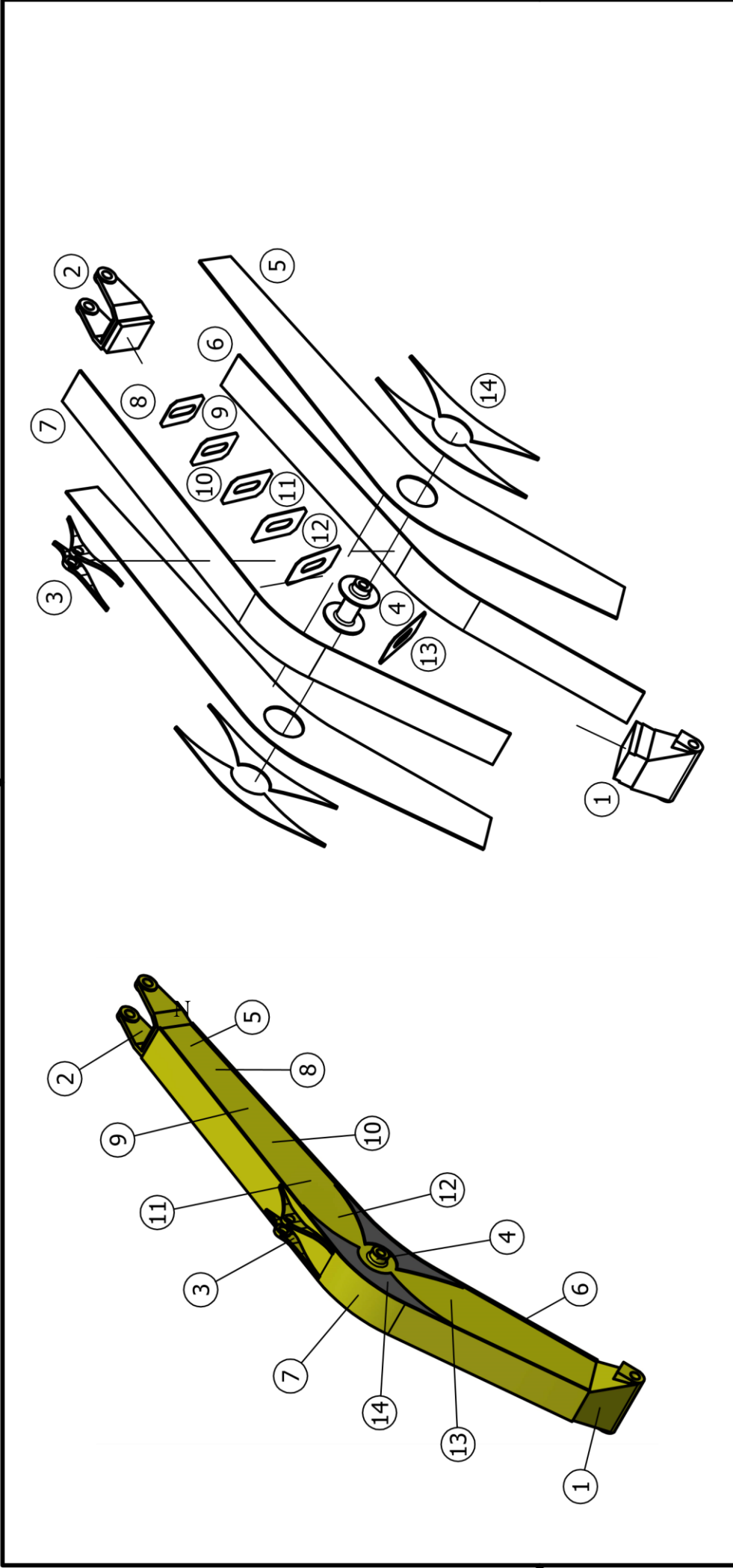





|   |        |   |              |    |                         |   |              |
|---|--------|---|--------------|----|-------------------------|---|--------------|
| 8 | PART 8 | 1 | JIS SM 50 YA | 16 | REINFORCEMENT 3 PT. PQR | 2 | MILD STEEL   |
| 7 | PART 7 | 1 | JIS SM 50 YA | 15 | REINFORCEMENT 2 PT. PQR | 2 | MILD STEEL   |
| 6 | PART 6 | 1 | JIS SM 50 YA | 14 | REINFORCEMENT 1 PT. PQR | 2 | MILD STEEL   |
| 5 | PART 5 | 2 | JIS SM 50 YA | 13 | PART 13                 | 1 | JIS SM 50 YA |
| 4 | PART 4 | 1 | JIS G 5101   | 12 | PART 12                 | 1 | JIS SM 50 YA |
| 3 | PART 3 | 1 | JIS G 5101   | 11 | PART 11                 | 1 | JIS SM 50 YA |
| 2 | PART 2 | 1 | JIS G 5101   | 10 | PART 10                 | 1 | JIS SM 50 YA |
| 1 | PART 1 | 1 | JIS G 5101   | 9  | PART 9                  | 1 | JIS SM 50 YA |

|   |                      |                                   |                 |
|---|----------------------|-----------------------------------|-----------------|
|  | SKALA : 1 : 50       | DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA   | KETERANGAN : 12 |
|   | SATUAN : MM          | NO.REG : 5315122794               |                 |
|   | TANGGAL : 09-01-2017 | DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T. |                 |

|                            |   |         |    |
|----------------------------|---|---------|----|
| UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA | BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT<br>VERSI ENGINEER PT. PQR | SKRIPSI | A4 |
|----------------------------|---|---------|----|



|   |                            |  |                                   |   |                |  |         |
|---|----------------------------|--|-----------------------------------|---|----------------|--|---------|
|  | SKALA : 1 : 50             |  | DIGAMBAR : ADITYA ANGGUN WIJAYA   |   | KETERANGAN : 3 |  |         |
|   | SATUAN : MM                |  | NO.REG : 5315122794               |   |                |  |         |
|   | TANGGAL : 09-01-2017       |  | DISETUJUI : DRS. SIROJUDDIN, M.T. |   |                |  |         |
|   | UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA |  |                                   | BOOM EXCAVATOR KELAS 20 TON REINFORCEMENT<br>VERSI ENGINEER PT. XYZ |                |  | SKRIPSI |

## RIWAYAT HIDUP



**Aditya Anggun Wijaya** lahir di DKI Jakarta, pada tanggal 22 Mei 1994. Putra sulung dari 2 bersaudara pasangan Bapak Ari Nugroho dan Ibu Sri Hartini. Bertempat tinggal di Jl. Sepakat I No.34, Kp. Pondok Benda RT. 05/01, Kel. Jatirasa, Kec. Jatiasih, Kota Bekasi 1742.

Menempuh pendidikan di SD Negeri Jatiasih V Kota Bekasi, SMP Negeri 9 Kota Bekasi, SMA Negeri 3 Kota Bekasi, dan Universitas Negeri Jakarta (UNJ) pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik (FT).

Pengalaman Praktik Kerja Lapangan yang pernah dilaksanakan di PT. United Tractors Tbk Cabang Jakarta tahun 2015 dan 2016 bagian Workshop. Melaksanakan PKM di SMKN 39 Jakarta tahun 2015, dan pernah menjadi peserta Kuliah Kerja Nyata Universitas Negeri Jakarta di wilayah Kecamatan Cinangka, Kabupaten Serang, Provinsi Banten pada tahun 2016.

Selama menempuh pendidikan tinggi penulis aktif dalam organisasi diantaranya, Staff Pendidikan dan Teknologi BEMJ Teknik Mesin UNJ periode 2013/2014, Staff Qur'an Center FSI Al-Biruni periode 2013/2014, Ketua BEMJ Teknik Mesin UNJ periode 2014/2015, Staff Kajian dan Strategi PK KAMMI UNJ periode 2014/2015, Staff Supervisi BEM FT UNJ periode 2015/2016, Ka.Dept. Kajian dan Strategi PK KAMMI UNJ 2015/2016, Staff Pengembangan Komisariat PD KAMMI Jakarta Timur periode 2016/2017.

Selain keorganisasian, penulis juga pernah menjadi peserta Training Autodesk Inventor 2014 level essential tahun 2015, menjadi panitia Seminar Nasional Mesin dan Teknologi Kejuruan (SNMTK) tahun 2013, 2014, 2016, dan menjadi panitia Konvensi Nasional Pendidikan Indonesia (KONASPI) VIII tahun 2016.